

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 7 月 7 日 (07.07.2005)

PCT

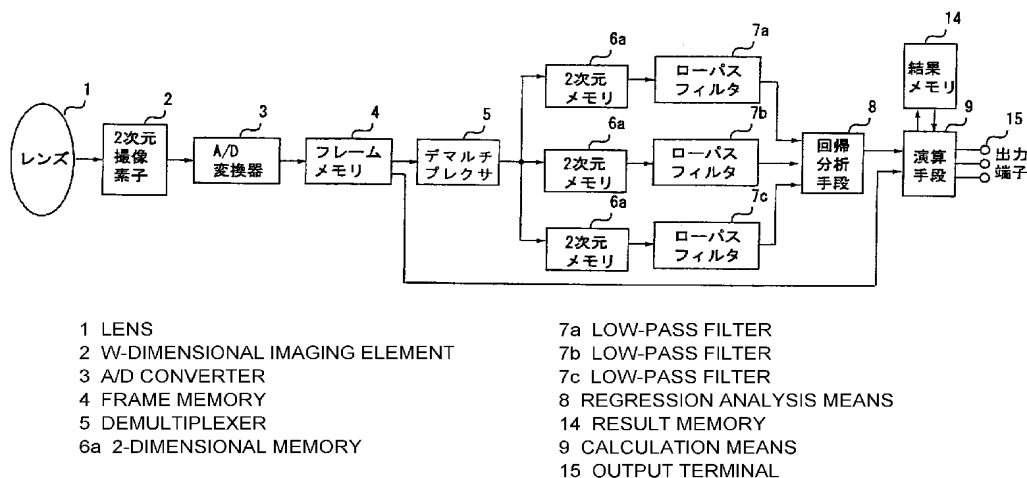
(10) 国際公開番号  
WO 2005/062626 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H04N 9/07 KAISHA) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/018456
- (22) 国際出願日: 2004 年 12 月 10 日 (10.12.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2003-424338  
2003 年 12 月 22 日 (22.12.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 牧田 淳子 (MAKITA, Junko) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 守谷 正太郎 (MORIYA, Shoutarou) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 杉浦 博明 (SUGIURA, Hiroaki) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 山下 孝一 (YAMASHITA, Koichi) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 伊藤 俊 (ITOW, Takashi) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 久野 徹也 (KUNO,

[続葉有]

(54) Title: PIXEL SIGNAL PROCESSING DEVICE AND PIXEL SIGNAL PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: 画素信号処理装置及び画素信号処理方法



(57) Abstract: A regression analysis is performed by using a pixel signal of K-th spectral response characteristic and a pixel signal of L-th spectral response characteristic as an explanation variable and an object variable, respectively in a plurality of pixel positions in a area in the vicinity of a pixel position in attention (8) and the pixel signal of the L-th spectral response characteristic is obtained (9). It is also possible to use pixel signals obtained by low-pass filtering the output signal of the imaging elements (7a to 7c) as the explanation variable and the object variable. By performing the aforementioned process, when performing interpolation of a lacking color in each pixel position of a set of pixel signals having one of the spectral response characteristics arranged on a 2-dimensional plane, it is possible to reduce generation of a false color.

(57) 要約: 注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第 K の分光感度特性の画素信号と第 L の分光感度特性の画素信号をそれぞれ説明変数、目的変数として回帰分析を施し (8)、第 L の分光感度特性の画素信号を求める (9)。撮像素子の出力信号に対しローパスフィルタリングする (7a ~ 7c) ことにより得られた画素信号を記説明変数及び目的変数として用いても良い。上記のようにすることで、2次元平面上に配列された複数の分光感度特性のうちのいずれか 1 つを有する画素信号の組の、各画素位置における不足色の補間を行う場合に、偽色の発生を低減することができる。

WO 2005/062626 A1



Tetsuya) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 前田実, 外(MAEDA, Minoru et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目16番2号 甲田ビル4階 前田特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### 画素信号処理装置及び画素信号処理方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、画素信号処理装置及び画素信号処理方法に関し、特に2次元平面上に配列され、各々が複数の分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素信号の組に基づき、上記複数の分光感度特性のうちの一つの分光感度特性の画素信号が存在する注目画素位置における他の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理装置及び画素信号処理方法に関する。

このような画素信号処理装置は、例えば、各々が複数の分光感度特性、例えば赤(R)、緑(G)、青(B)のうちのいずれか一つの分光感度特性、即ち色を有する複数種類の光電変換素子が2次元平面上に、例えばベイヤ型に配列された撮像素子をさらに備えるもので、カラー撮像装置の一部として用いられ、撮像素子から出力された画素信号のうちの、各画素位置において欠落している分光感度特性の画素信号を補間するために用いられる。

#### 背景技術

- [0002] 従来の、赤、緑、青の3原色の色フィルタがベイヤ型に配置された撮像素子を有する撮像装置では、例えば下記の特許文献1に示されるように、解像感を高めるために、色毎の局所的な出力信号の分布に基づいて各画素の出力信号を平均値で置き換え、これによって想定される既知色幾何学図形と不足色幾何学図形の線形相似比に基づく補間方法を用いている。

- [0003] 特許文献1:特開2001-197512公報。段落0048〜0049(図7)

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0004] この従来の方法では、局所的な領域においては色信号に相関があることに基づく補間処理を行っているが、色の相関関係を誤って認識してしまうことにより、固有の偽色を引き起こしてしまう問題があった。例えば、出力信号が急激に変化する箇所の付近、つまりある色と別の色との境界付近においては、生成された信号のレベルが信号

変化曲線から外れてしまい、本来画像中にない黒ずみや白抜けや偽色が発生してしまうと言う問題があった。

### 課題を解決するための手段

[0005] この発明に係る撮像装置は、

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第K(Kは1からNのうちのいずれか一つ)の分光感度特性の画素信号が存在する第1の注目画素位置における第L(LはKを除く1からNのうちのいずれか一つ)の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理装置において、

上記第1の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第Kの分光感度特性の画素信号を説明変数、上記第Lの分光感度特性の画素信号を目的変数として回帰分析を施し、上記第Kの分光感度特性の画素信号と第Lの分光感度特性の画素信号の相関を表す回帰式を算出する回帰分析手段と、

上記注目画素位置における上記第Kの分光感度特性の画素信号に対して上記回帰式に基づく変換式を用いることにより、上記注目画素位置における上記第Lの分光感度特性の画素信号を求める演算手段と

を有するものである。

### 発明の効果

[0006] この発明に係る画素信号処理装置は、上記のように構成されているので、第1の注目画素位置の近傍の領域内の画素位置における、第Kと第Lの分光感度特性の画素信号の相関関係に則った生成信号を算出することができる。従って、第1の注目画素が色の境界付近にある場合でも、第1の注目画素位置の近傍の領域内の画素の相関関係を示す回帰式から第Lの生成信号を算出するため、色の境界部分にある画素の出力信号の影響を直接受けることはない。また、相関関係を数式で表すため、任意の相関関係に対応することが出来る。以上により、従来の手法でみられた黒ずみや白抜けのような偽色の発生を低減できる。

### 図面の簡単な説明

[0007] [図1]この発明の実施の形態1の画素信号処理装置を備えたデジタルスチルカメラな

どの撮像装置の構成を示すブロック図である。

[図2]ベイヤ型に配置されたR、G、Bの3原色の色フィルタを示す説明図である。

[図3]色フィルタがベイヤ型に配列されている2次元撮像素子の出力信号を模式的に示す2次元配列図である。

[図4]図3の2次元配列図を各色ごとに分割した状態を示す説明図である。

[図5]この発明の実施の形態1〜3における補間手順を示すフローチャートである。

[図6]この発明の実施の形態1において、R色の出力信号を有する画素におけるG色の信号を生成する手順を示すフローチャートである。

[図7]R色、G色ローパスフィルタ出力からなる9組のデータから得られる回帰直線を模式的に示す説明図である。

[図8]この発明の実施の形態1〜3において、回帰直線の傾きと切片を算出するフローチャートである。

[図9]撮像素子の出力をA/D変換することにより得られる出力信号の値の一例を示す説明図である。

[図10]この発明の実施の形態1において、図9の出力信号から算出されるローパスフィルタ出力を示す説明図である。

[図11]この発明の実施の形態1において、図10のローパスフィルタ出力から得られる回帰直線を示す説明図である。

[図12]この発明の実施の形態2の画素信号処理装置を備えたデジタルスチルカメラなどの撮像装置の構成を示すブロック図である。

[図13]この発明の実施の形態2において、R色の出力信号を有する画素におけるG色の信号を生成する手順を示すフローチャートである。

[図14]この発明の実施の形態2において、回帰分析手段が画像の相関性を評価するフローチャートである。

[図15]この発明の実施の形態2において、注目画素がR色の出力信号を有する場合に、不足色のG色を生成するために参照する画素の配列を説明するための説明図である。

[図16]この発明の実施の形態2において、G色の出力信号を有する画素におけるR

色の信号を生成する手順を示すフローチャートである。

[図17]この発明の実施の形態2において、注目画素がG色の出力信号を有する場合に、不足色のR, B色を生成するために参照する画素の配列を説明するための説明図である。

[図18]この発明の実施の形態2において、R色の出力信号を有する画素におけるB色の信号を生成する手順を示すフローチャートである。

[図19]この発明の実施の形態2において、注目画素がR色の出力信号を有する場合に、不足色のB色を生成するために参照する画素の配列を説明するための説明図である。

[図20]この発明の実施の形態3の画素信号処理装置を備えたデジタルスチルカメラなどの撮像装置の構成を示すブロック図である。

[図21]この発明の実施の形態3において、G色の出力信号を有する画素におけるR色の信号を生成する手順を示すフローチャートである。

[図22]この発明の実施の形態3において、注目画素がG色の出力信号を有する場合に、不足色のR, B色を生成するために参照する画素の配列を説明するための説明図である。

[図23]この発明の実施の形態3において、R色の出力信号を有する画素におけるB色の信号を生成する手順を示すフローチャートである。

[図24]この発明の実施の形態3において、注目画素がR色の出力信号を有する場合に、不足色のB色を生成するために参照する画素の配列を説明するための説明図である。

## 符号の説明

- [0008] 2 2次元撮像素子、 7a〜7c ローパスフィルタ、 8, 10, 12 回帰分析手段、 9, 13 演算手段。

## 発明を実施するための最良の形態

- [0009] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下に説明する実施の形態は、デジタルスチルカメラの一部として用いるのに適したものであるが、本発明はこれに限定されない。

[0010] 実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1の画素信号処理装置を備えた撮像装置の構成を示すブロック図である。レンズ1から入射した光は、赤(R)、緑(G)、青(B)の3原色に対応する分光感度特性を有する色フィルタが、例えば、図2に示すように、ベイヤ(Bayer)型に配置された2次元撮像素子2に結像する。

[0011] 2次元撮像素子2は入射光を光電変換し入射光量に応じたレベルのアナログ画素信号を画素ごとに出力する。このアナログ画素信号はA/D変換器3にてデジタル画素信号に変換され、出力され、フレームメモリ4に記憶される。

[0012] フレームメモリ4に記憶された画素信号は、デマルチプレクサ5でR、G、B色ごとに2次元メモリ6a〜6cに分配され、記憶される。即ちR色の画素信号がメモリ6aに、G色の画素信号メモリ6bに、B色の画素信号がメモリ6cにそれぞれ記憶される。ローパスフィルタ7a〜7cはそれぞれメモリ6a〜6cに対応して設けられたものであり、メモリ6a〜6cから読み出された画素信号に対してローパスフィルタリングを行って、その結果を出力する。

[0013] 2次元撮像素子2は、R、G、Bの色フィルタが、それぞれの画素の位置に対応して、例えば図2に示すようにベイヤ型に配置されたものであるので、各画素位置からは一つの色の画素信号のみが得られ、他の2つの色の画素信号は得られない。言換えると、各画素位置には一つの色の画素信号のみが存在し、他の色の画素信号が存在しない。

以下、各画素位置において画素信号が存在しない色を「不足色」と言うことがある。例えば、撮像素子2の出力において、R色の画素信号が存在する画素位置の不足色はG色とB色である。

本実施の形態では、回帰分析手段8と演算手段9とは、ローパスフィルタ7a〜7cから出力される画素信号に基づいて、各画素位置の不足色の画素信号を補間により求める。

[0014] この補間は、以下の6つの処理を含む。

(P1) R色の画素信号が存在する画素位置におけるG色の画素信号を求めるための処理。

(P2) B色の画素信号が存在する画素位置におけるG色の画素信号を求めるための処理。

(P3) G色の画素信号が存在する画素位置におけるR色の画素信号を求めるための処理。

(P4) G色の画素信号が存在する画素位置におけるB色の画素信号を求めるための処理。

(P5) R色の画素信号が存在する画素位置におけるB色の画素信号を求めるための処理。

(P6) B色の画素信号が存在する画素位置におけるR色の画素信号を求めるための処理。

これら6つの処理は、

「K色(K=R、G、又はB)の画素信号が存在する画素位置におけるL色(L=R、G、又はB、但しLはKとは異なる)の画素信号を求めるための処理」

と一般化して言うことができる。

これらの6つの処理の各々は画面上(1フレーム内)のすべての画素位置について行われる。

[0015] 上記の6つの処理の各々は例えば順に行われる。上記の6つの処理を各画素位置(注目画素位置)について行うに当たり、回帰分析手段8は、注目画素位置(補間対象画素位置)の近傍の領域(即ち、第1の注目画素とその周辺の(該注目画素からの距離が所定の距離以内の)画素を含む領域)内の画素位置におけるK色の画素信号と、L色の画素信号とを、該当するローパスフィルタ(7a〜7cのうちの2つ)から受け取り、受け取った画素信号の相関を表す回帰式を算出する。

演算手段9は、回帰分析手段8で算出した回帰式の定数とフレームメモリ4に格納されている注目画素位置のK色の画素信号(撮像素子2の出力)を用いて、注目画素位置におけるL色の画素信号を算出し、算出の結果得られた画素信号を、結果メモリ14に格納する。以下、上記のように算出の結果得られた画素信号を、「生成画素信号」又は単に「生成信号」と呼ぶことがある。これに対し、ローパスフィルタ7a〜7cにおけるフィルタリングの結果として得られた画素信号を単に「ローパスフィルタ出力」と



呼ぶことがある。また、ローパスフィルタリング前の画素信号、即ち、撮像素子の出力をA/D変換することにより得られた画素信号)を単に「出力信号」と呼ぶことがある。なおまた、A/D変換は信号の形を変えるのみであるので、フレームメモリ4に格納された画素信号を、撮像素子2から出力された画素信号、或いは撮像素子の出力信号と呼ぶこともある。

[0016] 上記の6つの処理がすべて終わったときに、1画面上のすべての画素位置のすべての不足色の画素信号が揃う。結果メモリ14に格納された生成信号と、フレームメモリ4に格納されている出力信号とを組み合わせたものは、1画面上のすべての画素位置におけるすべての色(R、G、B)の画素信号の組を成す。演算手段9は、このような画素信号の組、即ちフレームメモリ4に格納された出力信号と結果メモリ14に格納された生成信号を合わせたものをRGBのカラー信号として出力する。

[0017] 以下詳細に説明する。

図3は、撮像素子2の出力をA/D変換することにより得られる画素信号を模式的に示した2次元配列図である。図において、各マスは各画素位置を表し、その中に記載されているR、G、Bが各画素位置における画素信号の色を表し、カッコ内の数字が各画素位置の座標値(l=行、m=列)をそれぞれ示している。

[0018] 出力信号は、図3に示すように、各画素位置に一つの色の画素信号のみが存在し、同じ画素位置には他の色の画素信号が存在しない。言い換えると、同じ画素位置を占めることがないように配列されたものである。

A/D変換器3の出力は、上記のようにフレームメモリ4に格納され、フレームメモリ4から読み出された信号は、デマルチプレクサ5で分割されて、色ごとに2次元メモリ6a〜6cに格納される。

[0019] 図4(a)〜(c)は、2次元メモリ6a〜6cの各々に記憶された画素信号を及びその画素位置を模式的に示す。

図示のように各色の出力信号は、すべての画素位置を占めるわけではなく、例えばR色の出力信号は4つの画素位置ごとに1つの画素位置のみを占め、残りの3つの画素位置においては不足色の画素信号となっており、G色の出力信号は2つの画素位置ごとに1つの画素位置を占め、残りの1つの画素位置においては不足色の画素信

号となっており、B色の出力信号は4つの画素位置ごとに一つの画素位置を占め、残りの3つの画素位置においては不足色の画素信号となっている。

[0020] 本発明の画素信号処理装置は、各画素位置におけるすべての不足色の画素信号を補間により求めるためのものである。

[0021] 以下、ローパスフィルタ7a〜7c、回帰分析手段8、及び演算手段9で行われる各画素位置の不足色の画素信号を生成する補間処理について更に詳しく説明する。図5は補間の手順を示すフローチャートである。

以下の説明で、撮像素子2の出力において、ある画素位置に画素信号が存在するときに、その「画素は出力信号を有する」と言い、逆にある画素位置に画素信号が存在しないときにその「画素は出力信号を有しない」と言うことがある。

[0022] まず、R色の出力信号を有する画素の位置におけるG色の信号を生成し(ステップST9)、次にB色の出力信号を有する画素の位置におけるG色の信号を生成し(ステップST10)、次にG色の出力信号を有する画素の位置におけるR色の信号を生成し(ステップST11)、次にG色の出力信号を有する画素の位置におけるB色の信号を生成し(ステップST12)、次にR色の出力信号を有する画素の位置におけるB色の信号を生成し(ステップST13)、最後にB色の出力信号を有する画素の位置におけるR色の信号を生成する(ステップST14)。

[0023] 次に、R色の出力信号を有する画素を注目画素として、注目画素における不足色の一つであるG色の信号を生成する処理(ステップST9)について詳細に説明する。図4はステップST9の手順を示すフローチャートである。

[0024] 例えば注目画素として図3のR色の出力信号を有する画素位置(2, 2)の画素を選択したとする(ステップST16)。なお、画素位置(2, 2)がR色の出力信号を有することを表すため図6のステップST16のように「R(2, 2)」と表記する場合がある。以下、他の色の出力信号を有する画素についても同様である。

上記のように、注目画素として図3のR色の出力信号を有する画素位置(2, 2)の画素が選択されると、回帰分析手段8は、図3中の注目画素位置(2, 2)の近傍の領域内の画素位置、即ち注目画素位置(2, 2)の注目画素とその周辺の8つの画素位置(1, 1)、(1, 2)、(1, 3)、(2, 1)、(2, 3)、(3, 1)、(3, 2)、(3, 3)におけるR色の

ローパスフィルタ出力とG色のローパスフィルタ出力からなるデータを、ローパスフィルタ7a、7bから受け取る。

なお、図3に示す例では、注目画素位置からの垂直方向及び垂直方向の距離が1画素である画素位置を周辺の画素位置としている。

[0025] ローパスフィルタ出力としては、例えば、所定の範囲内にある同じ色の画素の出力信号の平均値などがある。具体的には、 $3 \times 3$ 領域内に含まれる同じ色の画素の出力信号の平均値をその領域の中心位置におけるローパスフィルタ出力とする場合、図4(a)の太線で囲まれた $3 \times 3$ 領域内に含まれる4つのR色画素の出力信号の平均値が、 $3 \times 3$ 領域の中心位置( $l=1, m=1$ )におけるR色のローパスフィルタ出力となる。よって、図3の9つの画素位置(1, 1)、(1, 2)、(1, 3)、(2, 1)、(2, 2)、(2, 3)、(3, 1)、(3, 2)、(3, 3)におけるR色のローパスフィルタ出力は、以下の式(4)～(12)により得られる。ここで、 $R_{LPF}$ はR色のローパスフィルタ出力を示す。

$$R_{LPF}(1, 1) = (R(0, 0) + R(0, 2) + R(2, 0) + R(2, 2)) / 4 \quad \dots(4)$$

$$R_{LPF}(1, 2) = (R(0, 2) + R(2, 2)) / 2 \quad \dots(5)$$

$$R_{LPF}(1, 3) = (R(0, 2) + R(0, 4) + R(2, 2) + R(2, 4)) / 4 \quad \dots(6)$$

$$R_{LPF}(2, 1) = (R(2, 0) + R(2, 2)) / 2 \quad \dots(7)$$

$$R_{LPF}(2, 2) = R(2, 2) \quad \dots(8)$$

$$R_{LPF}(2, 3) = (R(2, 2) + R(2, 4)) / 2 \quad \dots(9)$$

$$R_{LPF}(3, 1) = (R(2, 0) + R(2, 2) + R(4, 0) + R(4, 2)) / 4 \quad \dots(10)$$

$$R_{LPF}(3, 2) = (R(2, 2) + R(4, 2)) / 2 \quad \dots(11)$$

$$R_{LPF}(3, 3) = (R(2, 2) + R(2, 4) + R(4, 2) + R(4, 4)) / 4 \quad \dots(12)$$

[0026] 同様に、図3の9つの画素位置(1, 1)、(1, 2)、(1, 3)、(2, 1)、(2, 2)、(2, 3)、(3, 1)、(3, 2)、(3, 3)におけるG色のローパスフィルタ出力は、以下の式(13)～(21)により得られる。ここで、 $G_{LPF}$ はG色のローパスフィルタ出力を示す。

$$G_{LPF}(1, 1) = (G(0, 1) + G(1, 0) + G(1, 2) + G(2, 1)) / 4 \quad \dots(13)$$

$$G_{LPF}(1, 2) = (G(0, 1) + G(0, 3) + G(1, 2) + G(2, 1) + G(2, 3)) / 5 \quad \dots(14)$$

$$G_{LPF}(1, 3) = (G(0, 3) + G(1, 2) + G(1, 4) + G(2, 3)) / 4 \quad \dots(15)$$

$$G_{LPF}(2, 1) = (G(1, 0) + G(1, 2) + G(2, 1) + G(3, 0) + G(3, 2)) / 5 \quad \dots(16)$$

$$G_{LPF}(2, 2) = (G(1, 2) + G(2, 1) + G(2, 3) + G(3, 2)) / 4 \quad \dots(17)$$

$$G_{LPF}(2, 3) = (G(1, 2) + G(1, 4) + G(2, 3) + G(3, 2) + G(3, 4)) / 5 \quad \dots(18)$$

$$G_{LPF}(3, 1) = (G(2, 1) + G(3, 0) + G(3, 2) + G(4, 1)) / 4 \quad \dots(19)$$

$$G_{LPF}(3, 2) = (G(2, 1) + G(2, 3) + G(3, 2) + G(4, 1) + G(4, 3)) / 5 \quad \dots(20)$$

$$G_{LPF}(3, 3) = (G(2, 3) + G(3, 2) + G(3, 4) + G(4, 3)) / 4 \quad \dots(21)$$

[0027] そして回帰分析手段8は、式(4)～(12)で得られたR色のローパスフィルタ出力 $R_L$ を説明変数 $e(i)$ とし(ステップST17)、式(13)～(21)で得られたG色のローパスフィルタ出力 $G_{LPF}$ を目的変数 $p(i)$ として(ステップST18)、回帰分析を行い、式(22)で示す回帰直線を算出する(ステップST19)。

$$G_{LPF} = a \times R_{LPF} + b \quad \dots(22)$$

[0029] 回帰直線の一例が図7に示されている。このような回帰直線を表す回帰式は、 $G_{LPF}$ を目的変数、 $R_{LPF}$ を説明変数として、最小二乗法により得られるものである。

[0030] 図8は、回帰直線の定数 $a$ (切片)、 $b$ (傾き)を算出するために、ステップST19が実施する相関算出処理の詳細を示すフローチャートである。説明変数を $e(i)$ 、目的変数を $p(i)$ 、データ総数を $N$ (上記の例では $N=9$ )、データ番号を $i=1 \sim N$ 、とする。

図8に示すように、最初にデータ数設定ステップST1において、演算に使用するデータの総数を設定し、次に積和演算ステップST2において、説明変数と目的変数を用いた積和演算を行い $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$ を算出し、次に傾き算出ステップST3において、ステップST2で得られた $k_1$ 、 $k_2$ を用いて回帰直線の傾き $a$ を算出し、次に切片算出ステップST4において、ステップST2で得られた $k_2$ 、 $k_3$ を用いて回帰直線の切片 $b$ の値を算出する。

[0031] このようにして得られた回帰直線は注目画素の近傍の領域におけるR色とG色の相関を表しているため、注目画素におけるR色とG色の信号もこの回帰直線上の値と近い値であると考えられる。

[0032] 演算手段9は、回帰分析手段8で算出した回帰直線の傾きと切片を示す定数 $a$ 、 $b$ と、フレームメモリ4に格納されている注目画素の出力信号 $R(2, 2)$ を受け取り、式(23)に基づく変換を行うことで、注目画素の位置におけるG色の信号 $g(2, 2)$ を生成する(ステップST20)。なお、上記の例のように、G、R、B色の生成信号はそれぞれ小文字の「 $g$ 」、「 $r$ 」、「 $b$ 」で表す。

[0033] 
$$g(2, 2) = a \times R(2, 2) + b \quad (23)$$

[0034] 生成した信号は結果メモリ14に格納する(ステップST21)。

[0035] 以上の処理を、注目画素を変えながら、即ち異なる画素を注目画素として、繰り返し行う(ステップST22)。なお、当然ながら、注目画素を変えるたびにその周囲の画素が変わり、異なる画素を用いて回帰分析を行なうので、異なる値の定数 $a$ 、 $b$ が得られ、これを用いて各画素の生成信号が求められる。

以上により、図5のステップST9の処理が終わる。

図5のステップST10乃至ST14の各々においても、ステップST9と同様に、但し異なる色について、上記のような一連の処理が行われる。

図5のステップST9からST14がすべて終わると、すべての画素の不足色について補間が完了し、出力信号(撮像素子2の出力をA/D変換することにより得られた画素信号)と生成信号(補間により求められた画素信号)を合せれば、すべての画素のすべての色の画素信号が揃ったものとなる。即ち、1画面分のカラー画像が得られる。そこで、演算手段9は結果メモリ14に格納された生成信号とフレームメモリ4に格納

された出力信号を合せて、RGBの色信号として出力する(ステップST15)。

[0036] 尚、上記の例において、各色の信号を生成する順序は図5に示した順序に限るものではなく、信号を生成する順序を入れ替えても差し支えない。

[0037] 上記した方式で補間を行うと、注目画素とその周囲画素における各色信号の任意の相関関係を表す回帰直線に従った生成信号で補間することが出来る。このため、上記特許文献1(特開2001-197512号公報)に開示された方法が抱える、色の境界付近での黒ずみや白抜けなどの画像劣化が発生すると言う問題が著しく改善される。

[0038] 例えば、図9中の数値で示すような出力信号が各画素から得られ、破線部分に色の境界が存在するような場合には、中央に位置する注目画素および注目画素の周囲に位置する周辺の画素の位置におけるR色とG色のローパスフィルタ出力は図10のようになる。これらの値から回帰直線を求めた結果を図11に示す。このとき回帰直線の傾きは0.0807、切片は74.591だった。この結果と注目画素の出力信号である $R(2, 2) = 9$ を式(23)に代入し、不足色のG色の信号を算出すると、式(24)の様になる。

[0039] 
$$g(2, 2) = 0.0807 \times 9 + 74.591 \div 75 \quad (24)$$

[0040] このように算出された $g(2, 2)$ は周辺の画素のG色に近い値になり、色の境界付近部分で黒ずみや白抜け等の画像劣化が発生することがなくなる。

[0041] なお、上記の例ではローパスフィルタが各画素の周囲の出力信号の単純平均値を求めているが、重み付け加算平均値を求めるようにしても良い。

[0042] 実施の形態2.

図12は、この発明の実施の形態2の画素信号処理装置を備えた撮像装置の構成を示すブロック図である。

実施の形態2は、回帰分析手段10及びローパスフィルタ7a-7c以外の構成は実施の形態1と同様である。

[0043] 本実施の形態の回帰分析手段10は、回帰直線の算出に先立って、注目画素の周囲における画像の相関性の判定を行う。具体的には、例えば、注目画素の不足色のうち生成したい色と同じ色の出力信号を有する画素の中から、注目画素を挟んで上

下、左右あるいは斜め方向など反対側に位置する2つの画素の出力信号(撮像素子2の出力をA/D変換することにより得られた画素信号)の差をそれぞれ算出し、比較する。そして、出力信号の差が最も小さくなる2つの画素を結ぶ直線の方に強い相関があると判定する。

[0044] 回帰分析手段10は、相関が強いと判定された方向にある画素の中から、注目画素の出力信号と同じ色の画素を複数選択し、選択した画素における出力信号をフレームメモリ4から受け取り、ローパスフィルタ出力をローパスフィルタ7aー7cからそれぞれ受け取る。

そして、選択した画素における出力信号を説明変数、ローパスフィルタ出力を目的変数として回帰分析を行い、色の相関を表す回帰直線を算出する。

[0045] 次に動作について説明する。補間の手順は実施の形態1と同様、図5のフローチャートに従う。最初に、図5のステップST9の処理、即ちR色の出力信号を有する画素を注目画素とし、注目画素における不足色の一つであるG色の信号を生成する処理について説明する。図13はその手順を示すフローチャートである。

[0046] まず、注目画素としてR色の出力信号を有する画素位置(l, m)の画素を選択する(ST23)。

次に、注目画素の周囲における画像の相関性の判定を行う(ST24、ST25、S26、ST27)。

図13のステップST24、ST25、S26、ST27と同じステップが図14にも示されている。但し、図14には、画素の位置について具体的な座標値の例が示されている。以下、図13のステップST24、ST25、S26、ST27及びこれらにそれぞれ対応する図14のステップST5、ST6、S7、ST8、並びに注目画素の周囲の画素を示す図15を参照して説明する。

[0047] 例えば、注目画素としてR色の出力信号を有する画素位置(l, m)、例えば図15の(3, 3)の画素が選択されたとき(図13のステップST23)、注目画素の上下左右にある画素(上下又は左右方向に整列した画素)のうち、生成したい不足色と同じG色の出力信号を有する画素の信号を用いて注目画素における縦方向と横方向の画像の相関性を比較する。そのためにまず注目画素の上下にあるG色画素の差分値G(V)

及び左右にあるG色画素の差分値 $G(H)$ を算出する(ステップST24、ST5)。次にこれらの差分値 $G(V)$ 、 $G(H)$ の大小関係と比較し(ステップST25、ST6)、差分値が小さい方向(水平方向(横方向)あるいは垂直方向(縦方向))に強い相関性があると判定する。そして、強い相関性がある方向にある画素のうち、注目画素の近傍にあって、注目画素の色と同じR色の出力信号を有する画素を選択画素とする(ステップST26、ST27、ST7、ST8)。

具体的には、値 $G(V) \leq G(H)$ であるときは、垂直方向の相関性が強いと判断し、垂直方向に並んだ画素のうち、注目画素の色と同じR色の出力信号を有する画素 $R(l-2, m)$ 、 $R(l, m)$ 、 $R(l+2, m)$ 、例えば $R(1, 3)$ 、 $R(3, 3)$ 、 $R(5, 3)$ を選択画素とする(ステップST26、ST7)。一方、値 $G(V) > G(H)$ であるときは、水平方向の相関性が強いと判断し、水平方向に並んだ画素のうち、注目画素の色と同じR色の出力信号を有する画素 $R(l, m-2)$ 、 $R(l, m)$ 、 $R(l, m+2)$ 、例えば $R(3, 1)$ 、 $R(3, 3)$ 、 $R(3, 5)$ を選択画素とする(ステップST27、ST8)。

[0048] 以上のようにして相関性の判定がなされた後、回帰分析手段10は、選択された画素におけるR色の出力信号をフレームメモリ4から受け取って説明変数 $e(i)$  ( $i=1-3$ )とし(ステップST28)、G色のローパスフィルタ出力をローパスフィルタ7bから受け取って目的変数 $p(i)$  ( $i=1-3$ )とする(ステップST29)。

[0049] ローパスフィルタ7a-7cは、回帰分析手段10から相関性の判定の結果を受け取って、各画素位置について相関性の強いと判定された方向に並んだ画素の出力信号のみに基いてローパスフィルタリングを行なう。例えば、上記の相関性の判定で垂直方向に相関が強いと判断された場合は、各画素を中心とする縦3画素×横1画素の領域にある画素の出力信号の平均値をローパスフィルタ出力とし、上記の相関性の判定で水平方向に相関が強いと判断された場合は、縦1画素×横3画素の領域にある画素の出力信号の平均値をローパスフィルタ出力とする。具体的には、垂直方向に相関が強いと判断された場合には、例えば図15中の画素位置(1, 3)についてのローパスフィルタ出力は、太線で示した領域に含まれる画素の出力信号の平均値となる。他の画素位置(3, 3)、(5, 3)についても同様である。よって、垂直方向に相関が強い場合に各選択画素におけるG色のローパスフィルタ出力は、以下の式(25)ー



(27)より算出される。

$$[0050] \quad G_{LPF}(1, 3) = (G(0, 3) + G(2, 3)) / 2 \quad (25)$$

$$G_{LPF}(3, 3) = (G(2, 3) + G(4, 3)) / 2 \quad (26)$$

$$G_{LPF}(5, 3) = (G(4, 3) + G(6, 3)) / 2 \quad (27)$$

[0051] 回帰分析手段10は、説明変数 $e(i)$  (R色の出力信号) 及び目的変数 $p(i)$  (G色のローパスフィルタ出力)を用いて回帰分析を行い(ステップST30)、R色とG色の相関を表す回帰直線の傾きと切片の値を算出し、実施の形態1と同様、注目画素におけるG色の生成信号を算出する(ステップST31)。生成した信号は結果メモリ14に格納する(ステップST32)。

[0052] 以上の処理を、注目画素を変えながら、即ち異なる画素を注目画素として、繰り返し行う(ステップST33)。

これにより図5のステップST9の処理が終わる。

図5のステップST10においては、ステップST9と同様に、但しR色をB色に変えて、即ち、B色の出力信号を有する画素のG色の信号を求めるため、上記と同様の一連の処理が行われる。

[0053] 図5のステップST11においては、G色の出力信号を有する画素のR色の信号を求めるため、一連の処理が行われる。この処理はステップST9やST10とは以下のように異なる。以下、図16及び図17を参照してステップST11の詳細を説明する。

[0054] まず、注目画素として例えば図17中のG色の出力信号を有する画素位置(3, 3)の画素を選択する(ST34)。

G色出力信号を有する画素の周辺に、不足色であるR色の出力信号を有する画素は水平方向または垂直方向のどちらか一方に整列した位置にしか存在しない。よって、回帰分析手段10は相関方向の判定は行わず、該当する色の画素が存在する方向が水平方向であるか垂直方向であるかの判定を行い(ST35)、存在する方向を選択する(ステップST36、ST37)。例えば、図17に示すように水平方向に存在する場合には、水平方向に並んだG色の画素信号を有する画素位置(1,  $m-2$ )、(1,  $m$ )、(1,  $m+2$ )の画素を選択する(ST36)。なお、図17とは異なり垂直方向に存在する場合には、垂直方向に並んだG色の画素信号を有する画素位置( $l-2$ ,  $m$ )、(1,  $m$ )、(1

+ 2, m)の画素を選択する(ST37)。

[0055] 上記以外の処理(ST38乃至ST43)は、図13のST28乃至33を参照して説明したのと同様である。

即ち、図13を参照して説明した、R色の出力信号を有する画素のG色の信号を生成する場合と同様、選択画素の出力信号(撮像素子2の出力をA/D変換することにより得られた信号)を説明変数 $e(i)$ とし(ステップST38)、R色のローパスフィルタ出力を目的変数 $p(i)$ として(ステップST39)回帰分析を行い(ステップST40)、得られた回帰直線と注目画素の出力信号から注目画素におけるR色の生成信号を算出する(ステップST41)。生成した信号は結果メモリ14に格納する(ステップST42)。

以上の処理を、注目画素を変えながら、即ち異なる画素を注目画素として、繰り返し行う(ステップST43)。

これにより図5のステップST11の処理が終わる。

図5のステップST12においては、ステップST11と同様に、但しR色をB色に変えて、即ち、G色の出力信号を有する画素のB色の信号を求めるため、上記と同様の一連の処理が行われる。

[0056] 図5のステップST13においては、R色の出力信号を有する画素のB色の信号を求めるため、一連の処理が行われる。この処理はステップST9乃至ST12とは以下のように異なる。以下、図18及び図19を参照してステップST13の詳細を説明する。

[0057] まず、注目画素として図19中のR色の出力信号を有する画素位置(3, 3)の画素を選択する(ST44)。

次に、注目画素の周囲における画像の相関性の判定を行う(ST45、ST46、ST47、ST48)。この場合は、図13の場合と異なり、水平・垂直方向から45度傾斜した2つの斜め方向の相関性を求める(ステップST45〜48)。

即ち、注目画素の右上がりの斜め方向に整列した画素及び右下がりの斜め方向に整列した画素のうち、生成したい不足色と同じR色の出力信号を有する画素の信号を用いて注目画素における右上がりの斜め方向と左上がりの斜め方向の画像の相関性を比較する。そのためにまず注目画素の右上がりの斜め方向に並び、注目画素を挟んで反対側に位置するB色の画素相互間の差分値 $B(D1) = |B(l-1, m+1)$

$-B(l+1, m-1) |$  と、右下がりの斜め方向に並び、注目画素を挟んで反対側に位置するB色の画素相互間の差分値 $B(D2) = |B(l-1, m-1) - B(l+1, m+1)|$ を算出する(ステップST45)。次にこれらの差分値 $B(D1)$ 、 $B(D2)$ の大小関係を比較し(ステップST46)、差分値が小さい方向(右上がり斜め方向あるいは右下がり斜め方向)に強い相関性があると判定する。そして、強い相関性がある方向に位置する画素のうち、注目画素の近傍にあって、注目画素の色と同じR色の出力信号を有する画素を選択画素とする(ステップST47、ST48)。

具体的には、値 $B(D1) \leq B(D2)$ であるときは、右上がりの斜め方向の相関性が強いと判断し、右上がりの斜め方向に並んだ画素のうち、注目画素の色と同じR色の出力信号を有する画素位置 $(l-2, m+2)$ 、 $(l, m)$ 、 $(l+2, m)$ の画素を選択画素とする(ステップST47)。一方、値 $B(D1) > B(D2)$ であるときは、右下がりの斜め方向の相関性が強いと判断し、右下がりの斜め方向に並んだ画素のうち、注目画素の色と同じR色の出力信号を有する画素位置 $(l-2, m-2)$ 、 $(l, m)$ 、 $(l+2, m+2)$ の画素を選択画素とする(ステップST48)。

[0058] 以上のようにして相関性の判定がなされた後、回帰分析手段10は、選択された画素におけるR色の出力信号をフレームメモリ4から受け取って説明変数 $e(i)$  ( $i=1 \sim 3$ )とし(ステップST49)、B色のローパスフィルタ出力をローパスフィルタ7cから受け取って目的変数 $p(i)$  ( $i=1 \sim 3$ )とする(ステップST50)。

[0059] このときの各画素位置についてのローパスフィルタ出力は、その画素を中心とする斜め方向に並んだ2画素の画素位置の画素の出力信号の平均値とする。

[0060] 回帰分析手段10は、説明変数 $e(i)$  (R色の出力信号)及び目的変数 $p(i)$  (B色のローパスフィルタ出力)を用いて回帰分析を行い(ステップST51)、R色とB色の相関を表す回帰直線の傾きと切片の値を算出し、実施の形態1と同様、注目画素におけるB色の生成信号を算出する(ステップST52)。生成した信号は結果メモリ14に格納する(ステップST53)。

[0061] 以上の処理を、注目画素を変えながら、即ち異なる画素を注目画素として、繰り返し行う(ステップST54)。

これにより図5のステップST13の処理が終わる。

図5のステップST14においては、ステップST13と同様に、但しR色とB色を入れ替えて、即ち、R色の出力信号を有する画素のB色の信号を求めるため、上記と同様の一連の処理が行われる。

図5のステップST9からST14がすべて終わると、すべての画素の不足色について補間が完了し、出力信号(撮像素子2の出力をA/D変換することにより得られた画素信号)と生成信号(補間により求められた画素信号)を合せれば、すべての画素のすべての色の画素信号が揃ったものとなる。即ち、1画面分のカラー画像が得られる。そこで、演算手段9は結果メモリ14に格納された生成信号と撮像素子2からの出力信号を合せて、RGBの色信号として出力する(ステップST15)。

[0062] この実施の形態2では、注目画素の周囲における画像の相関性の判定を行い、相関性の強いと判断された方向に並んだ画素の出力信号のみを説明変数として用いている。その結果、例えば、輝度差が少ないエッジの稜線方向の画素を選択することとなる。従って、相関性の低い方向(相関性の強い方向に対して垂直な方向)からの影響、例えばエッジの稜線の法線方向からの影響を排除することが出来る。

[0063] また、実施の形態2では、説明変数としてローパスフィルタ出力の代わりに出力信号(撮像素子2の出力をA/D変換することにより得られた画素信号)の値そのものを用いて回帰直線を算出するため、局所的な色の相関性をより正確に表す回帰直線が得られる。その結果、より正確な不足色の信号の生成が可能となる。

[0064] また、注目画素の周囲における出力信号の相関性の判定を行い、相関性の強いと判断された方向に並んだ画素の出力信号のみを説明変数として用いているが、相関性の判定を行わず、ローパスフィルタ出力の代わりに出力信号を用いることとしても良い。即ち、注目画素の周囲のあらゆる方向の(方向を限定することなく)画素の出力信号を説明変数として用いても良い。

[0065] 実施の形態3.

図20は、この発明の実施の形態3の画素信号処理装置を備えた撮像装置の構成を示すブロック図である。

実施の形態3は、回帰分析手段12と演算手段13以外の構成は実施の形態2と同様である。

- [0066] 本実施の形態では、ある色について上記実施の形態1や実施の形態2で説明した回帰分析及び演算を含む補間によって生成された画素信号を、他の色の補間のための回帰分析において説明変数や目的変数として用いる。以下その一例として、上記の実施の形態2で算出されたG色の生成信号を、R色及びB色の生成信号の算出のために用いる場合について説明する。
- [0067] 次に動作について説明する。補間の手順は実施の形態2と同様、図5のフローチャートに従う。ステップST9及びST10の処理は、実施の形態2について説明したのと同様である。ステップST9の処理により、R色の出力信号を有する画素位置のG色の生成信号が得られ、ステップST10の処理により、B色の出力信号を有する画素位置のG色の生成信号が得られ、これらが結果メモリ14に格納される。結果メモリ14に格納されたG色の生成信号とフレームメモリ4に格納されたG色の出力信号とを合せると、G色の画素信号が1画面分揃う。
- [0068] 図5のステップST11においては、G色の出力信号を有する画素のR色の信号を求めるため、一連の処理が行われる。図21はその手順を示すフローチャートである。
- [0069] まず、注目画素としてG色の出力信号を有する画素位置( $l, m$ )の画素を選択する(ST55)。例えば図22中の画素位置(3, 3)の画素を選択した場合を想定する。
- 回帰分析手段12は、(ST9、ST10とは異なり、)相関判定を行わず、代わりに、注目画素の左右に注目画素の不足色であるR色の画素が存在するかどうかの判定を行い(ステップST56)、存在する場合には、注目画素の近傍にあって、R色の出力信号を有する図22中の6つの画素位置( $l-2, m-1$ )、( $l-2, m+1$ )、( $l, m-1$ )、( $l, m+1$ )、( $l+2, m-1$ )、( $l+2, m+1$ )の画素を選択画素とし(ステップST57)、一方存在しない場合には、注目画素の近傍にあって、R色の出力信号を有する図22中の6つの画素位置( $l-1, m-2$ )、( $l+1, m-2$ )、( $l-1, m$ )、( $l+1, m$ )、( $l-1, m+2$ )、( $l+1, m+2$ )の画素を選択画素とする(ステップST58)。図22の場合、注目画素の左右にR色の画素が存在するので、ステップST56の判定結果が「Y」となり、ステップST57に進み、画素位置(1, 2)、(1, 4)、(3, 2)、(3, 4)、(5, 2)、(5, 4)の画素を選択画素とする。
- [0070] ステップST59では、選択画素位置におけるG色の生成信号 $g(l-2, m-1)$ 、 $g(l-2$

,  $m+1$ )、 $g(l, m-1)$ 、 $g(l, m+1)$ 、 $g(l+2, m-1)$ 、 $g(l+2, m+1)$ を説明変数 $e(i)$  ( $i=1\sim6$ )とし(ステップST57でYだった場合)、又は $g(l-1, m-2)$ 、 $g(l+1, m-2)$ 、 $g(l-1, m)$ 、 $g(l+1, m)$ 、 $g(l-1, m+2)$ 、 $g(l+1, m+2)$ を説明変数 $e(i)$  ( $i=1\sim6$ )とする(ステップST57のNだった場合)。図22の場合、 $g(1, 2)$ 、 $g(1, 4)$ 、 $g(3, 2)$ 、 $g(3, 4)$ 、 $g(5, 2)$ 、 $g(5, 4)$ を説明変数 $e(i)$  ( $i=1\sim6$ )とする。

[0071] ステップST60では、選択画素位置におけるR色の出力信号 $R(l-2, m-1)$ 、 $R(l-2, m+1)$ 、 $R(l, m-1)$ 、 $R(l, m+1)$ 、 $R(l+2, m-1)$ 、 $R(l+2, m+1)$ を目的変数 $p(i)$  ( $i=1\sim6$ )とし(ステップST57でYだった場合)、又は $R(l-1, m-2)$ 、 $R(l+1, m-2)$ 、 $R(l-1, m)$ 、 $R(l+1, m)$ 、 $R(l-1, m+2)$ 、 $R(l+1, m+2)$ を目的変数 $p(i)$  ( $i=1\sim6$ )とする(ステップST57のNだった場合)。図22に示す例の場合には、ステップST57でYだったので、選択画素位置におけるR色の出力信号 $R(1, 2)$ 、 $R(1, 4)$ 、 $R(3, 2)$ 、 $R(3, 4)$ 、 $R(5, 2)$ 、 $R(5, 4)$ を目的変数 $p(i)$  ( $i=1\sim6$ )とする。

[0072] そしてこのようにして定めた説明変数及び目的変数を用いて回帰分析を行い、注目画素の近傍の領域内におけるG色とR色の相関を表す回帰直線を算出する(ステップST61)。このとき、局所的な色の相関をより正確に求めるために、上記した6つの画素位置( $l-2, m-1$ )、( $l-2, m+1$ )、( $l, m-1$ )、( $l, m+1$ )、( $l+2, m-1$ )、( $l+2, m+1$ )、又は( $l-1, m-2$ )、( $l+1, m-2$ )、( $l-1, m$ )、( $l+1, m$ )、( $l-1, m+2$ )、( $l+1, m+2$ )、例えば図22中の6つの画素位置(1, 2)、(1, 4)、(3, 2)、(3, 4)、(5, 2)、(5, 4)の選択画素のうち、出力信号、若しくは生成信号が他の選択画素や注目画素の有する値と大きく異なる画素を選択画素から外して回帰直線の算出を行っても良い。

[0073] 演算手段13では、得られた回帰直線と注目画素の出力信号 $G(3, 3)$ から、注目画素の不足色であるR色の信号を生成する(ステップST62)。生成した信号は結果メモリ14に格納する(ステップST63)。

[0074] 以上の処理を、注目画素を変えながら、即ち異なる画素を注目画素として、繰り返し行う(ステップST64)。

これにより図5のステップST11の処理が終わる。

[0075] 図5のステップST12においては、ステップST11と同様に、但しR色をB色に変えて

、即ち、G色の出力信号を有する画素のB色の信号を求めるため、上記と同様の一連の処理が行われる。この処理も図21と同様である。但し、図21のステップST55乃至ST64で「R」とあるのを「B」と読み替える必要がある。

[0076] まず、注目画素としてG色の出力信号を有する画素位置( $l, m$ )の画素を選択する(ST55)。例えば図22中の(3, 3)を選択した場合を想定する。

回帰分析手段12は、注目画素の左右に注目画素の不足色であるB色の画素が存在するかどうかの判定を行い(ステップST56)、存在する場合には、注目画素の近傍にあって、B色の出力信号を有する図22中の6つの画素位置( $l-2, m-1$ )、( $l-2, m+1$ )、( $l, m-1$ )、( $l, m+1$ )、( $l+2, m-1$ )、( $l+2, m+1$ )の画素を選択画素とし(ステップST57)、一方存在しない場合には、注目画素の近傍にあって、B色の出力信号を有する図22中の6つの画素位置( $l-1, m-2$ )、( $l+1, m-2$ )、( $l-1, m$ )、( $l+1, m$ )、( $l-1, m+2$ )、( $l+1, m+2$ )の画素を選択画素とする(ステップST58)。図22の場合、注目画素の左右にB色の画素が存在しないので、ステップST56の判定結果が「N」となり、ステップST58に進み、画素位置(2, 1)、(2, 3)、(2, 5)、(4, 1)、(4, 3)、(4, 5)の画素を選択画素とする。

[0077] ステップST59では、選択画素位置におけるG色の生成信号 $g(l-2, m-1)$ 、 $g(l-2, m+1)$ 、 $g(l, m-1)$ 、 $g(l, m+1)$ 、 $g(l+2, m-1)$ 、 $g(l+2, m+1)$ を説明変数 $e(i)$  ( $i=1\sim6$ )とし(ステップST57でYだった場合)、又は $g(l-1, m-2)$ 、 $g(l+1, m-2)$ 、 $g(l-1, m)$ 、 $g(l+1, m)$ 、 $g(l-1, m+2)$ 、 $g(l+1, m+2)$ を説明変数 $e(i)$  ( $i=1\sim6$ )とする(ステップST57のNだった場合)。図22の場合、 $g(2, 1)$ 、 $g(2, 3)$ 、 $g(2, 5)$ 、 $g(4, 1)$ 、 $g(4, 3)$ 、 $g(4, 5)$ を説明変数 $e(i)$  ( $i=1\sim6$ )とする。

[0078] ステップST60では、選択画素のB色の出力信号 $B(l-2, m-1)$ 、 $B(l-2, m+1)$ 、 $B(l, m-1)$ 、 $B(l, m+1)$ 、 $B(l+2, m-1)$ 、 $B(l+2, m+1)$ を目的変数 $p(i)$  ( $i=1\sim6$ )とし(ステップST57でYだった場合)、又は $B(l-1, m-2)$ 、 $B(l+1, m-2)$ 、 $B(l-1, m)$ 、 $B(l+1, m)$ 、 $B(l-1, m+2)$ 、 $B(l+1, m+2)$ を目的変数 $p(i)$  ( $i=1\sim6$ )とする(ステップST57のNだった場合)。図22に示す例の場合には、ステップST57でNであったので、選択画素のB色の出力信号 $B(2, 1)$ 、 $B(2, 3)$ 、 $B(2, 5)$ 、 $B(4, 1)$ 、 $B(4, 3)$ 、 $B(4, 5)$ を目的変数 $p(i)$  ( $i=1\sim6$ )とする。

[0079] そしてこのようにして定めた説明変数及び目的変数を用いて回帰分析を行い、注目画素の近傍の領域におけるG色とB色の相関を表す回帰直線を算出する(ステップST61)。このとき、局所的な色の相関をより正確に求めるために、上記した6つの画素位置 $(l-2, m-1)$ 、 $(l-2, m+1)$ 、 $(l, m-1)$ 、 $(l, m+1)$ 、 $(l+2, m-1)$ 、 $(l+2, m+1)$ 、又は $(l-1, m-2)$ 、 $(l+1, m-2)$ 、 $(l-1, m)$ 、 $(l+1, m)$ 、 $(l-1, m+2)$ 、 $(l+1, m+2)$ 、例えば図22中の6つの画素位置 $(2, 1)$ 、 $(2, 3)$ 、 $(2, 5)$ 、 $(4, 1)$ 、 $(4, 3)$ 、 $(4, 5)$ の選択画素のうち、出力信号、若しくは生成信号が他の選択画素や注目画素の有する値と大きく異なる画素を選択画素から外して回帰直線の算出を行っても良い。

[0080] 演算手段13では、得られた回帰直線と注目画素の出力信号 $G(3, 3)$ から、注目画素の不足色であるB色の信号を生成する(ステップST62)。生成した信号は結果メモリ14に格納する(ステップST63)。

[0081] 以上の処理を、注目画素を変えながら、即ち異なる画素を注目画素として、繰り返し行う(ステップST64)。

これにより図5のステップST12の処理が終わる。

[0082] 図5のステップST13においては、B色の出力信号を有する画素のR色の信号を求めるため、一連の処理が行われる。図23はその手順を示すフローチャートである。

[0083] まず、注目画素としてR色の出力信号を有する画素位置 $(l, m)$ の画素を選択する(ステップST65)。例えば図24中の $(3, 3)$ を選択した場合を想定する。

回帰分析手段12は、注目画素の周囲のB色の出力信号を有する4つの画素位置 $(l-1, m-1)$ 、 $(l-1, m+1)$ 、 $(l+1, m-1)$ 、 $(l+1, m+1)$ 、図24の場合、 $(2, 2)$ 、 $(2, 4)$ 、 $(4, 2)$ 、 $(4, 4)$ のB色の画素を第1の組の選択画素(選択画素1)とする(ステップST66)。

そして、結果メモリ14に格納されている選択画素1の画素位置のG色の生成信号 $g(2, 2)$ 、 $g(2, 4)$ 、 $g(4, 2)$ 、 $g(4, 4)$ を説明変数 $e(i)$  ( $i=1\sim4$ )とする(ステップST67)とし、選択画素1の画素位置のB色の出力信号 $B(2, 2)$ 、 $B(2, 4)$ 、 $B(4, 2)$ 、 $B(4, 4)$ を目的変数 $p(i)$  ( $i=1\sim4$ ) (ステップST67)とする。

さらに、G色の出力信号を有する4つの画素位置 $(l-1, m)$ 、 $(l, m-1)$ 、 $(l, m+1)$



、 $(l+1, m)$ 、図24の場合、 $(2, 3)$ 、 $(3, 2)$ 、 $(3, 4)$ 、 $(4, 3)$ の画素を第2の組の選択(選択画素2)とする(ステップST69)。

そして、選択画素2のG色の出力信号 $G(2, 3)$ 、 $G(3, 2)$ 、 $G(3, 4)$ 、 $G(4, 3)$ を説明変数 $e(i)$  ( $i=5\sim 8$ )とする(ステップST70)とし、結果メモリ14に格納されている選択画素2のB色の生成信号 $b(2, 3)$ 、 $b(3, 2)$ 、 $b(3, 4)$ 、 $b(4, 3)$ を目的変数 $p(i)$  ( $i=5\sim 8$ )とする(ステップST71)。

[0084] そしてこのようにして定めた説明変数 $e(i)$  ( $i=1\sim 8$ )及び目的変数 $p(i)$  ( $i=1\sim 8$ )を用いて回帰分析を行い、注目画素の近傍の領域内におけるB色とG色の相関を表す回帰直線を算出する(ステップST72)。このとき、局所的な色の相関をより正確に求めるために、上記した8つの画素位置 $(l-1, m-1)$ 、 $(l-1, m+1)$ 、 $(l+1, m-1)$ 、 $(l+1, m+1)$ 、 $(l-1, m)$ 、 $(l, m-1)$ 、 $(l, m+1)$ 、 $(l+1, m)$ 、例えば図24中の場合、 $(2, 2)$ 、 $(2, 4)$ 、 $(4, 2)$ 、 $(4, 4)$ 、 $(2, 3)$ 、 $(3, 2)$ 、 $(3, 4)$ 、 $(4, 3)$ 選択画素のうち、出力信号、若しくは生成信号が他の選択画素や注目画素の有する値と大きく異なる画素を選択画素から外して回帰直線の算出を行っても良い。

[0085] 演算手段13では、得られた回帰直線と注目画素の生成信号 $g(3, 3)$ から、注目画素の不足色であるB色の信号を生成する(ステップST73)。生成した信号は結果メモリ14に格納する(ステップST74)。

[0086] 以上の処理を、注目画素を変えながら、即ち異なる画素を注目画素として、繰り返し行う(ステップST75)。

これにより図5のステップST13の処理が終わる。

[0087] 図5のステップST14においては、ステップST13と同様に、但しR色とB色を入れ替えて、即ち、B色の出力信号を有する画素のR色の信号を求めるため、上記と同様の一連の処理が行われる。この処理も図23と同様である。但し、図23のステップST65乃至ST74で「B」とあるのを「R」と読み替える必要がある。

[0088] 図5のステップST9からST14がすべて終わると、すべての画素の不足色について補間が完了し、出力信号と生成信号を合せれば、すべての画素のすべての色の画素信号が揃ったものとなる。即ち、1画面分のカラー画像が得られる。そこで、演算手段9は結果メモリ14に格納された生成信号とフレームメモリ4に格納された出力信号

を合せて、RGBの色信号として出力する(ステップST15)。

[0089] 実施の形態3のステップST11乃至ST14では、ローパスフィルタ出力を使用する代わりに、各画素の出力信号に加えて、補間により得られた生成信号も用いることで、注目画素の周辺の画素の有する信号をそのままの形で用いることが出来る。また、注目画素の近傍にある画素の信号を用いることが出来る。そのため、局所的な色の相関性をより正確に表す回帰直線が得られる。その結果、より正確に不足色の信号を生成することができる。

[0090] 上記の実施の形態1、2及び3の説明では、2次元撮像素子が、R、G、Bの3つの色の色フィルタがベイヤ型に配置されたものであるが、本発明は、一般的に言えば、各々が第1乃至第N(上記の実施の形態では $N=3$ )の分光感度特性のうちのいずれか1つの分光感度特性を有するN種類の光電変換素子が2次元平面上に配列された撮像素子を備える場合に適用可能である。

回帰分析手段(8、10、12)は、実施の形態1、2及び3のいずれにおいても、第1の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第K(上記の例では $K=R, G$ 又は $B$ )の分光感度特性の画素信号と第L(上記の例では $L=R, G$ 又は $B$ 、但しLはKとは異なる)の分光感度特性の画素信号を受け取り、第Kの分光感度特性の画素信号を説明変数、第Lの分光感度特性の画素信号を目的変数として回帰分析を施し、第Kの分光感度特性の画素信号と第Lの分光感度特性の画素信号の相関を表す回帰式を算出し、演算手段(9、13)が、第1の注目画素位置における第Kの分光感度特性の画素信号に対して上記回帰式に基づく変換式を用いることにより、第1の注目画素位置における第Lの分光感度特性の画素信号を求める。

[0091] 上記の実施の形態1、2及び3のいずれにおいても、ローパスフィルタ(7a〜7c)が、N種類の光電変換素子からの出力信号に対してローパスフィルタリングを行って、第1乃至第Nの分光感度特性に対応したローパスフィルタ出力を生成する。

そして、実施の形態1においては、説明変数及び目的変数の双方に、ローパスフィルタリングによって得られた画素信号が用いられ、実施の形態2においては、説明変数として出力信号が用いられ、目的変数として、ローパスフィルタリングにより得られた画素信号が用いられる。

[0092] 実施の形態3においては、実施の形態2と同様の回帰分析及び演算により生成したある画素についてのある色の画素信号を、その近傍の他の画素についてのある色の画素信号の補間のための回帰分析の際に説明変数として用いている。

このようにする代わりに、実施の形態1と同様の回帰分析及び演算により生成したある画素についてのある色の画素信号を、その近傍の他の画素についてのある色の画素信号の補間のための回帰分析の際に説明変数として用いても良い。

さらに、実施の形態1や実施の形態2の回帰分析及び演算に代わり、公知の補間手段を用いても良い。そのような補間手段は、一般化して言えば、第1の注目画素の近傍の領域内にあり、第M(MはKを除く1からNのいずれか)分光感度特性の画素信号が存在する第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号と第Kの分光感度特性の画素信号とに基づいて、第2の注目画素位置における第Kの分光感度特性の画素信号を補間により求めるものである。

この補間手段が実施の形態1や実施の形態2で説明したのと同様の回帰分析及び演算により補間を行なう場合の構成を一般化して言えば以下の通りである。即ち、回帰分析手段が、第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号と第Kの分光感度特性の画素信号を受け取り、第Mの分光感度特性の画素信号を説明変数、第Kの分光感度特性の画素信号を目的変数として回帰分析を施し、第Mの分光感度特性の画素信号と第Kの分光感度特性の画素信号の相関を表す回帰式を算出し、演算手段が、第2の注目画素位置における第Mの分光感度特性の画素信号に対して回帰式に基づく変換式を用いることにより、第2の注目画素位置における第Kの分光感度特性の画素信号を求め、このようにして求められた画素信号が、「補間により求められた第Kの分光感度特性の画素信号」として、第Lの画素信号の補間のために説明変数として用いられる。

[0093] 実施の形態3ではさらに、回帰分析及び演算により求めた画素信号を、他の色の画素信号の補間のための回帰分析において目的変数の一部として用いている。これを、色が第1乃至第Nの分光感度特性を有する場合に一般化して表現すれば以下の

通りとなる。

即ち、第2注目画素位置第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第M(MはLを除く1からNのいずれか)の分光感度特性の画素信号と第Lの分光感度特性の画素信号とに基づいて、第2の注目画素位置における第Lの分光感度特性の画素信号を補間により求める補間手段をさらに有し、回帰分析手段が、さらに、上記補間により求められた画素信号を目的変数の一部として用いる。

[0094] そして、このような補間手段が、上記した実施の形態3で説明した回帰分析手段及び演算手段で構成されている場合の構成を一般化して言えば以下の通りとなる。即ち、回帰分析手段が、第2の注目画素位置第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号と第Lの分光感度特性の画素信号を受け取り、第Mの分光感度特性の画素信号を説明変数、第Lの分光感度特性の画素信号を目的変数として回帰分析を施し、第Mの分光感度特性の画素信号と第Lの分光感度特性の画素信号の相関を表す回帰式を算出し、演算手段が、第2の注目画素位置における第Mの分光感度特性の画素信号に対して回帰式に基づく変換式を用いることにより、第2の注目画素位置における第Lの分光感度特性の画素信号を求め、このようにして求められた画素信号が「補間により求められた第Lの分光感度特性の画素信号」として目的変数の一部として用いられる。

[0095] 実施の形態1乃至3のいずれにおいても、回帰分析手段(8、10、12)は、回帰式として $y = a \cdot x + b$ ( $y$ は目的変数としての第Yの分光感度特性の画素信号、 $x$ は説明変数として第Xの分光感度特性の画素信号、 $a$ 及び $b$ は定数)なる直線を選択し、演算手段(9、13)は、注目画素位置における第Xの分光感度特性の画素信号 $X$ を、上記直線に基づく変換式、

$$Y' = a \cdot X + b$$

に代入して変換することにより、注目画素位置における第Yの分光感度特性の画素信号 $Y'$ を得る。ここで、第Kの分光感度特性の画素信号が存在する第1の注目画素位置における第Lの分光感度特性の画素信号を生成するときは、 $X = K$ 、 $Y = L$ 、

$Y' = L'$ であり、第Mの分光感度特性の画素信号が存在する第2の注目画素位置における第Kの分光感度特性の画素信号を生成するときは、 $X = M$ 、 $Y = K$ 、 $Y$

'=K'である。

第Mの分光感度特性の画素信号が存在する第2の注目画素位置における第Lの分光感度特性の画素信号を生成するときは、 $X=M$ 、 $Y=L$ 、 $Y'=L'$ である。

[0096] 図8のステップST2では、 $k1$ 、 $k2$ 、 $k3$ を説明変数 $e(i)$ 、目的変数 $p(i)$ により求めているが、上記のように、説明変数を $x(i)$ 、目的変数を $y(i)$ で表す場合には、 $k1$ 、 $k2$ 、 $k3$ を求める式は以下の通りとなる。

[数1]

$$\begin{aligned}
 k1 &= N \cdot \sum_{i=1}^N (x(i) \cdot y(i)) \\
 k2 &= \sum_{i=1}^N x(i) \cdot \sum_{i=1}^N y(i) \\
 k3 &= N \cdot \sum_{i=1}^N x(i)^2 - \left( \sum_{i=1}^N y(i) \right)^2 \quad (N: \text{データ総数})
 \end{aligned}$$

## 請求の範囲

- [1] 2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第K(Kは1からNのうちのいずれか一つ)の分光感度特性の画素信号が存在する第1の注目画素位置における第L(LはKを除く1からNのうちのいずれか一つ)の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理装置において、

上記第1の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第Kの分光感度特性の画素信号を説明変数、上記第Lの分光感度特性の画素信号を目的変数として回帰分析を施し、上記第Kの分光感度特性の画素信号と第Lの分光感度特性の画素信号の相関を表す回帰式を算出する回帰分析手段と、

上記第1の注目画素位置における上記第Kの分光感度特性の画素信号に対して上記回帰式に基づく変換式を用いることにより、上記第1の注目画素位置における上記第Lの分光感度特性の画素信号を求める演算手段と

を有する画素信号処理装置。

- [2] 各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有するN種類の光電変換素子が2次元平面上に配列された撮像素子と、

上記撮像素子の出力信号に対しローパスフィルタリングするローパスフィルタリング手段とをさらに有し、

上記回帰分析手段が、上記説明変数及び上記目的変数として、上記ローパスフィルタリングにより得られた画素信号を用いることを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。

- [3] 各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有するN種類の光電変換素子が2次元平面上に配列された撮像素子と、

上記撮像素子の出力信号に対しローパスフィルタリングするローパスフィルタリング手段とをさらに有し、

上記回帰分析手段が、上記説明変数として、上記撮像素子から出力された画素信号を用い、上記目的変数として、上記ローパスフィルタリングにより得られた画素信号を用いることを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。

- [4] 上記第1の注目画素の近傍の領域内にあり、第M(MはKを除く1からNのいずれか)分光感度特性の画素信号が存在する第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号と上記第Kの分光感度特性の画素信号とに基づいて、上記第2の注目画素位置における第Kの分光感度特性の画素信号を補間により求める補間手段をさらに有し、

上記回帰分析手段が、上記補間により求められた画素信号を上記説明変数として用いることを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。

- [5] 上記第1の注目画素の近傍の領域内にあり、第M(MはKを除く1からNのいずれか)分光感度特性の画素信号が存在する第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号と上記第Lの分光感度特性の画素信号とに基づいて、上記第2の注目画素位置における第Lの分光感度特性の画素信号を補間により求める補間手段をさらに有し、

上記回帰分析手段が、さらに、上記補間により求められた画素信号を上記目的変数の一部として用いることを特徴とする請求項4に記載の画素信号処理装置。

- [6] 上記第1の注目画素の近傍の領域内にあり、第M(MはKを除く1からNのいずれか)分光感度特性の画素信号が存在する第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号と上記第Lの分光感度特性の画素信号とに基づいて、上記第2の注目画素位置における第Lの分光感度特性の画素信号を補間により求める補間手段をさらに有し、

上記回帰分析手段が、上記補間により求められた画素信号を上記目的変数の一部として用いることを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。

- [7] 上記補間手段が上記回帰分析手段及び上記演算手段により構成され、

上記回帰分析手段が、上記第2の注目画素位置第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号を説明変数、上記第Kの分光感度特性の画素信号を目的変数として回帰分析を施し、上記第Mの分光感度特性の画素信号と第Kの分光感度特性の画素信号の相関を表す回帰式を算出し、

上記演算手段が、

上記第2の注目画素位置における上記第Mの分光感度特性の画素信号に対して上記回帰式に基づく変換式を用いることにより、上記第2の注目画素位置における上記第Kの分光感度特性の画素信号を求める

ことを特徴とする請求項4に記載の画素信号処理装置。

- [8] 上記補間手段が上記回帰分析手段及び上記演算手段により構成され、  
上記回帰分析手段が、上記第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号を説明変数、上記第Lの分光感度特性の画素信号を目的変数として回帰分析を施し、上記第Mの分光感度特性の画素信号と第Lの分光感度特性の画素信号の相関を表す回帰式を算出し、

上記演算手段が、

上記第2の注目画素位置における上記第Mの分光感度特性の画素信号に対して上記回帰式に基づく変換式を用いることにより、上記第2の注目画素位置における上記第Lの分光感度特性の画素信号を求める

ことを特徴とする請求項5に記載の画素信号処理装置。

- [9] 上記ローパスフィルタ手段は、上記撮像素子から出力された画素信号の平均値若しくは重み付け加算平均値をローパスフィルタ出力とすることを特徴とする請求項2に記載の画素信号処理装置。

- [10] 各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有するN種類の光電変換素子が2次元平面上に配列された撮像素子をさらに有し、

上記回帰分析手段は、上記第1の注目画素の周囲において、上記撮像素子から出力された画素信号の相関性を判定し、相関が強いと判断された画素位置の画素信号を上記説明変数及び上記目的変数として用いることを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。

- [11] 上記回帰分析手段は、上記第1の注目画素の周囲において、分光感度特性の種類が同一で、上記第1の注目画素を挟んで反対の位置にある2つの画素の画素信号の差を算出し、上記画素信号の差が小さい場合に相関性が高いと判定し、相関性が最も高くなる2つの画素を結ぶ直線の方に位置する画素を上記説明変数及び目的変数として用いることを特徴とする請求項10に記載の画素信号処理装置。



- [12] 上記撮像素子の出力信号に対しローパスフィルタリングするローパスフィルタリング手段とをさらに有し、  
上記ローパスフィルタリング手段が、  
上記相関性が最も高くなる画素を結ぶ直線の方に位置する画素のみに基いてローパスフィルタリングを行なう  
ことを特徴とする請求項10に記載の画素信号処理装置。
- [13] 各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有するN種類の光電変換素子が2次元平面上に配列された撮像素子をさらに備え、  
上記演算手段は、上記撮像素子から出力された画素信号に対して、上記回帰式に基づく変換式を用いることにより、上記第1の注目画素位置における上記第Lの分光感度特性の画素信号を求める  
ことを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。
- [14] 上記第1の注目画素の近傍の領域内にあり、第M(MはKを除く1からNのいずれか)分光感度特性の画素信号が存在する第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号と上記第Kの分光感度特性の画素信号とに基いて、上記第2の注目画素位置における第Kの分光感度特性の画素信号を補間により求める補間手段をさらに有し、  
上記演算手段は、上記補間手段による補間により求められた画素信号に対して、上記回帰式に基づく変換式を用いることにより、上記第1の注目画素位置における上記第Lの分光感度特性の画素信号を求める  
ことを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。
- [15] 上記回帰分析手段は、回帰式として下記の式(1)  
$$y = a \cdot x + b \quad \dots (1)$$
  
(yは第Yの分光感度特性の画素信号、  
xは第Xの分光感度特性の画素信号、  
a及びbは定数)  
で表される直線を選択し、  
上記演算手段は、上記第1又は第2の注目画素位置における第Xの分光感度特性

の画素信号Xを、上記直線に基づく下記の変換式(2)

$$Y' = a \cdot X + b \quad \dots (2)$$

(ここで、上記第1の注目画素位置における上記第Lの分光感度特性の画素信号を生成するときは、 $X=K$ 、 $Y=L$ 、 $Y'=L'$ であり、

上記第2の注目画素位置における上記第Kの分光感度特性の画素信号を生成するときは、 $X=M$ 、 $Y=K$ 、 $Y'=K'$ であり、

上記第2の注目画素位置における上記第Lの分光感度特性の画素信号を生成するときは、 $X=M$ 、 $Y=L$ 、 $Y'=L'$ である)

に代入して変換することにより、上記第1又は第2の注目画素位置における第Yの分光感度特性の画素信号Y'を得る

ことを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。

[16] 上記回帰分析手段は、上記回帰式の定数a及びbを下記の式(3)

[数2]

$$\begin{aligned} a &= -\frac{k1}{k2} \\ b &= \frac{k3}{k2} \\ k1 &= N \cdot \sum_{i=1}^N (x(i) \cdot y(i)) \\ k2 &= \sum_{i=1}^N x(i) \cdot \sum_{i=1}^N y(i) \\ k3 &= N \cdot \sum_{i=1}^N x(i)^2 - \left( \sum_{i=1}^N y(i) \right)^2 \quad (N: \text{データ総数}) \end{aligned} \quad \dots (3)$$

により算出することを特徴とする請求項15に記載の画素信号処理装置。

[17] 2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第K(Kは1からNのうちのいずれか一つ)の分光感度特性の画素信号が存在する第1の注目画素位置における第L(LはKを除く1からNのうちのいずれか一つ)の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理方法において、

上記第1の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第K

の分光感度特性の画素信号を説明変数、上記第Lの分光感度特性の画素信号を目的変数として回帰分析を施し、上記第Kの分光感度特性の画素信号と第Lの分光感度特性の画素信号の相関を表す回帰式を算出する回帰分析ステップと、

上記第1の注目画素位置における上記第Kの分光感度特性の画素信号に対して上記回帰式に基づく変換式を用いることにより、上記第1の注目画素位置における上記第Lの分光感度特性の画素信号を求める演算ステップと

を有する画素信号処理方法。

- [18] 各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有するN種類の光電変換素子が2次元平面上に配列された撮像素子から出力される画素信号を受けるステップと、

上記撮像素子から出力された画素信号に対しローパスフィルタリングするステップとをさらに有し、

上記回帰分析ステップが、上記説明変数及び上記目的変数として、上記ローパスフィルタリングにより得られた画素信号を用いることを特徴とする請求項17に記載の画素信号処理方法。

- [19] 各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有するN種類の光電変換素子が2次元平面上に配列された撮像素子から出力される画素信号を受けるステップと、

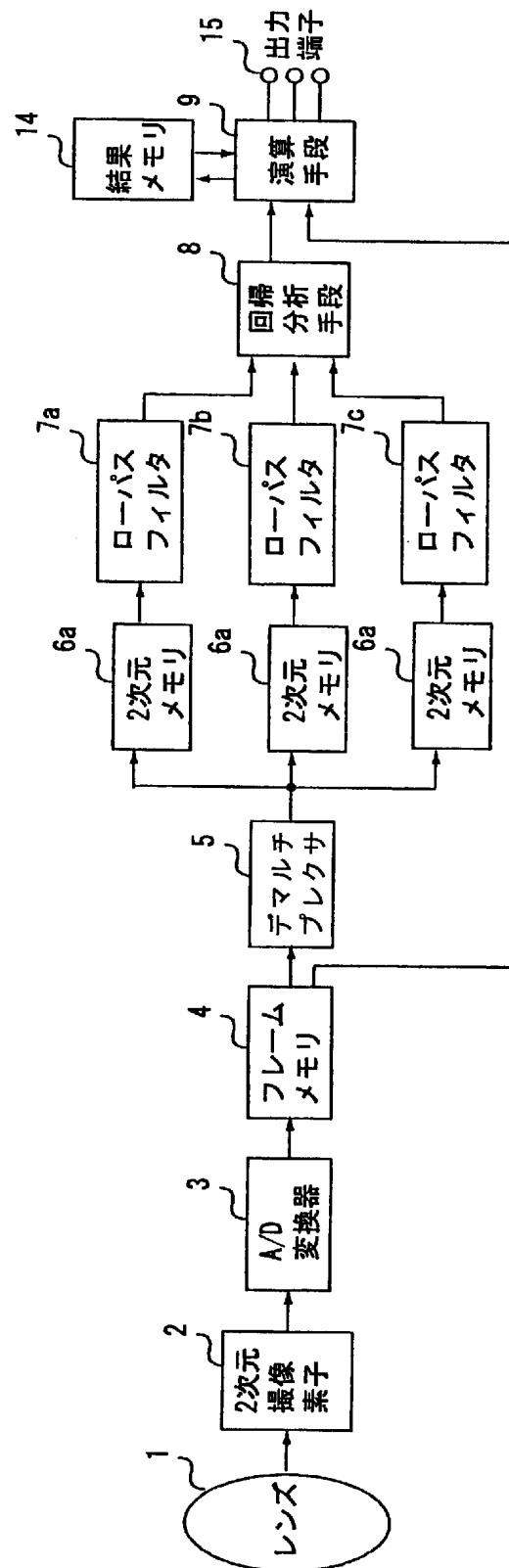
上記撮像素子から出力される画素信号に対しローパスフィルタリングするステップとをさらに有し、

上記回帰分析ステップが、上記説明変数として、上記撮像素子から出力された画素信号を用い、上記目的変数として、上記ローパスフィルタリングにより得られた画素信号を用いることを特徴とする請求項17に記載の画素信号処理方法。

- [20] 上記第1の注目画素の近傍の領域内にあり、第M(MはKを除く1からNのいずれか)分光感度特性の画素信号が存在する第2の注目画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第Mの分光感度特性の画素信号と上記第Kの分光感度特性の画素信号とに基いて、上記第2の注目画素位置における第Kの分光感度特性の画素信号を補間により求める補間ステップをさらに有し、

上記回帰分析ステップが、上記補間により求められた画素信号を上記説明変数として用いることを特徴とする請求項17に記載の画素信号処理方法。

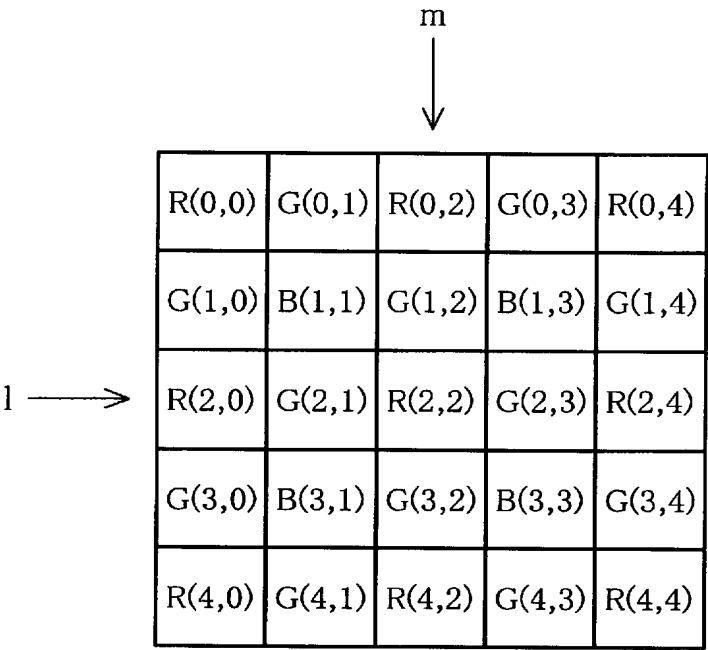
[図1]



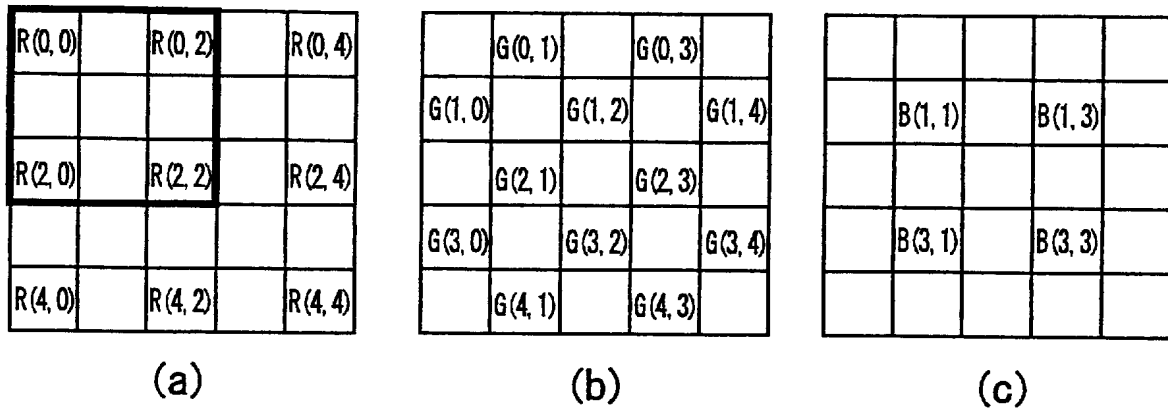
[図2]

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| R | G | R | G | R |
| G | B | G | B | G |
| R | G | R | G | R |
| G | B | G | B | G |
| R | G | R | G | R |

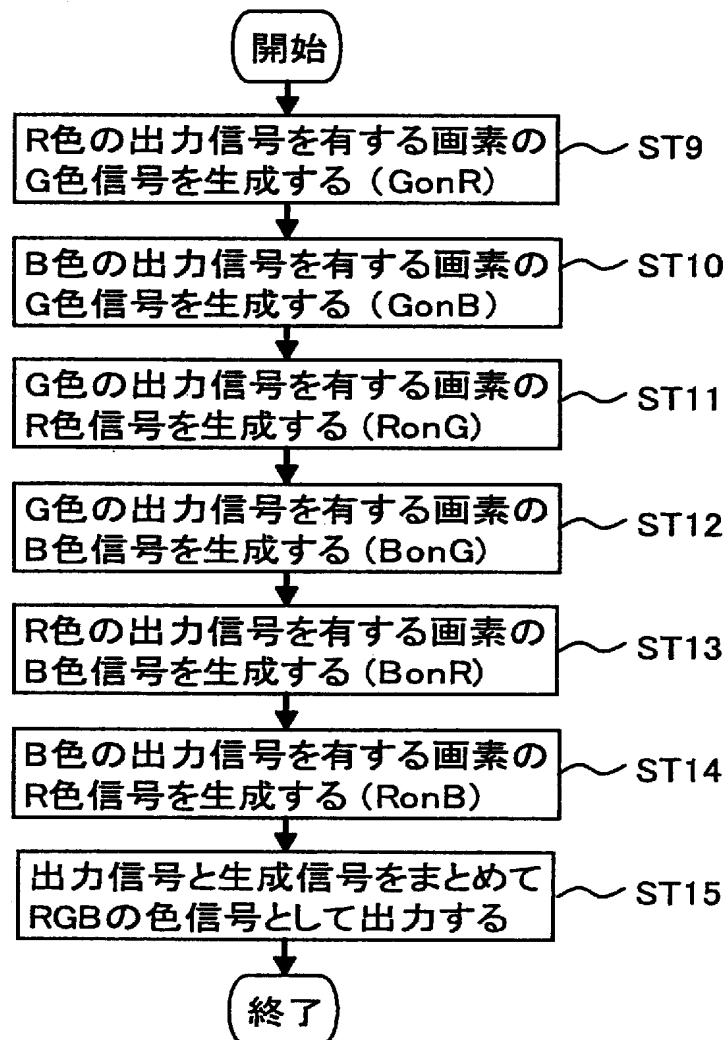
[図3]



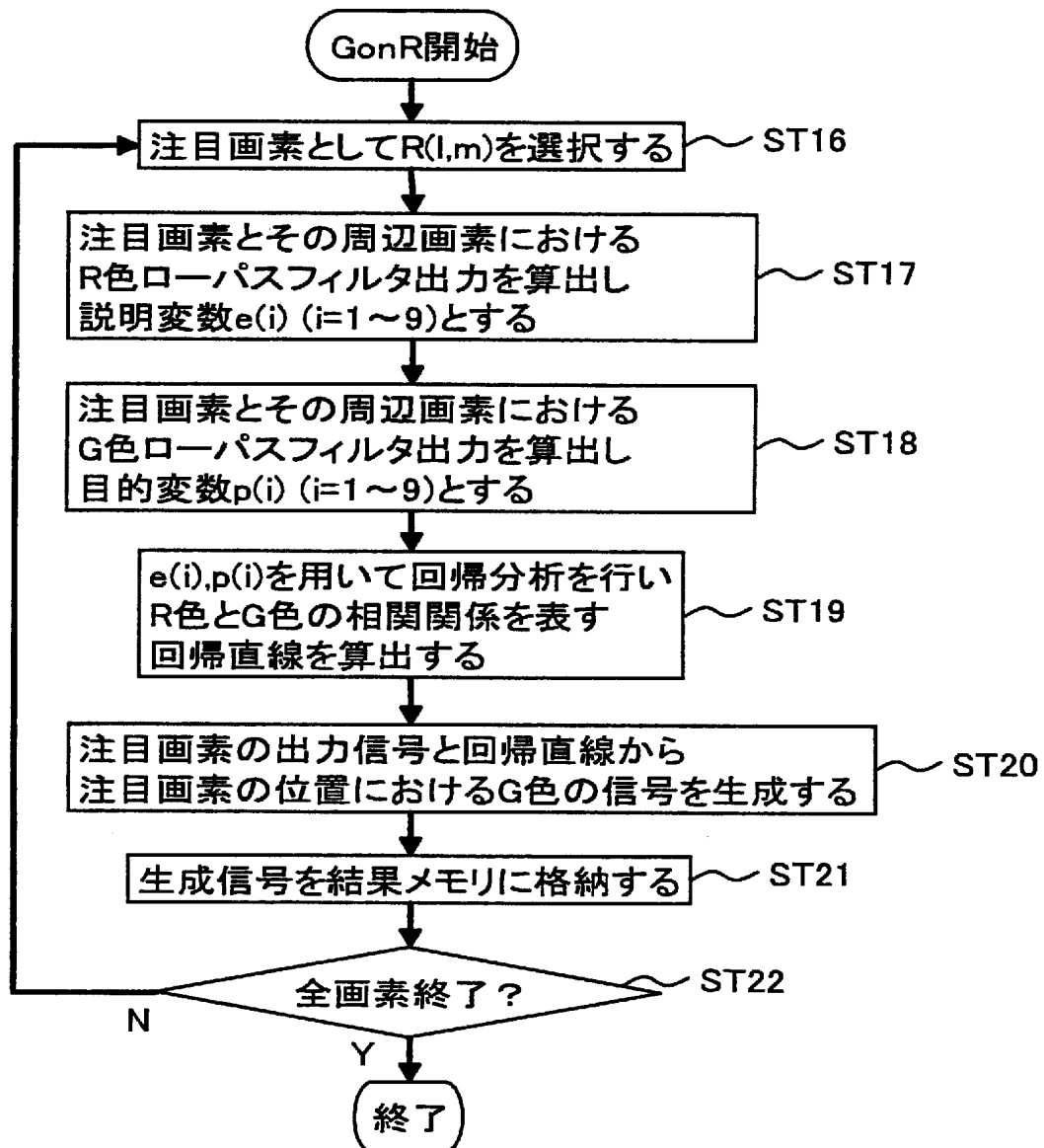
[図4]



[図5]

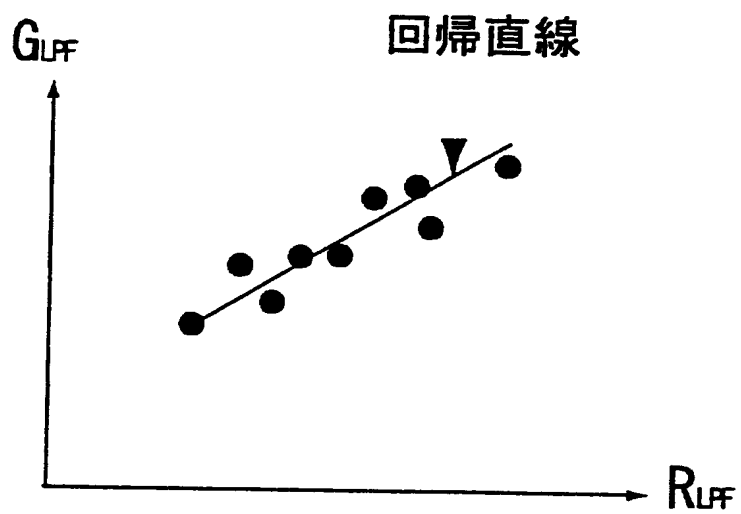


[図6]

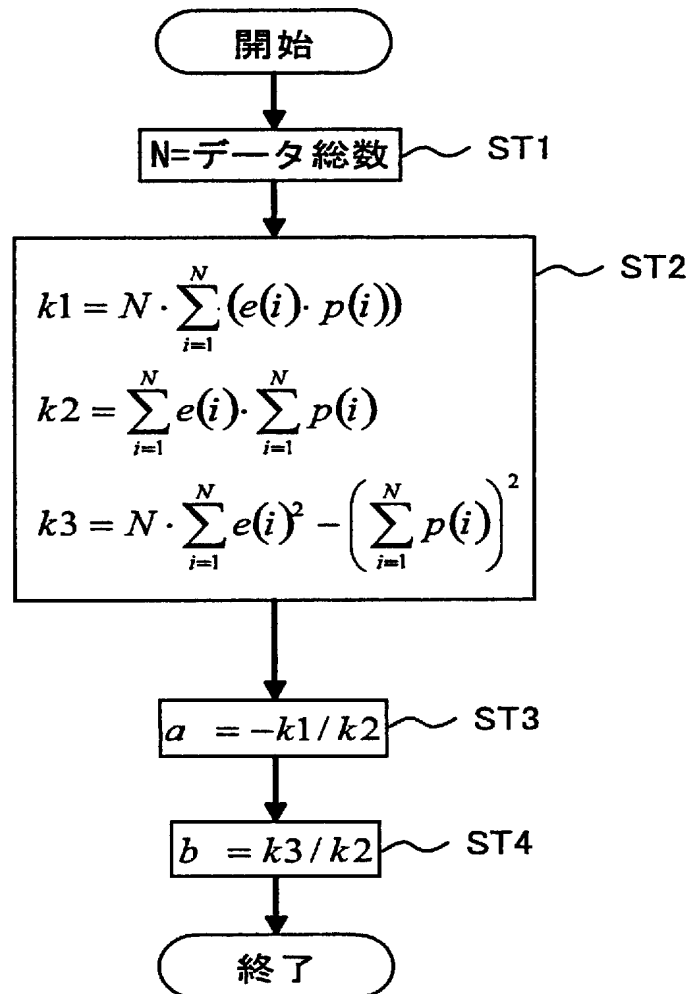




[図7]



[図8]



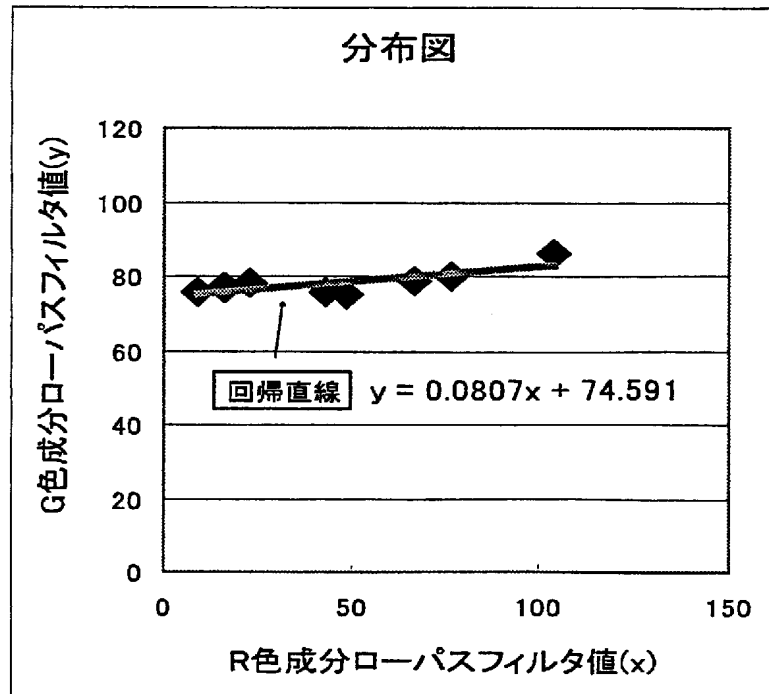
[図9]

|      |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|
| R=35 | G=81  | R=25  | G=79  | R=13  |
| G=78 | B=144 | G=78  | B=145 | G=73  |
| R=23 | G=77  | R=9   | G=74  | R=125 |
| G=77 | B=145 | G=76  | B=101 | G=94  |
| R=22 | G=72  | R=145 | G=102 | R=139 |

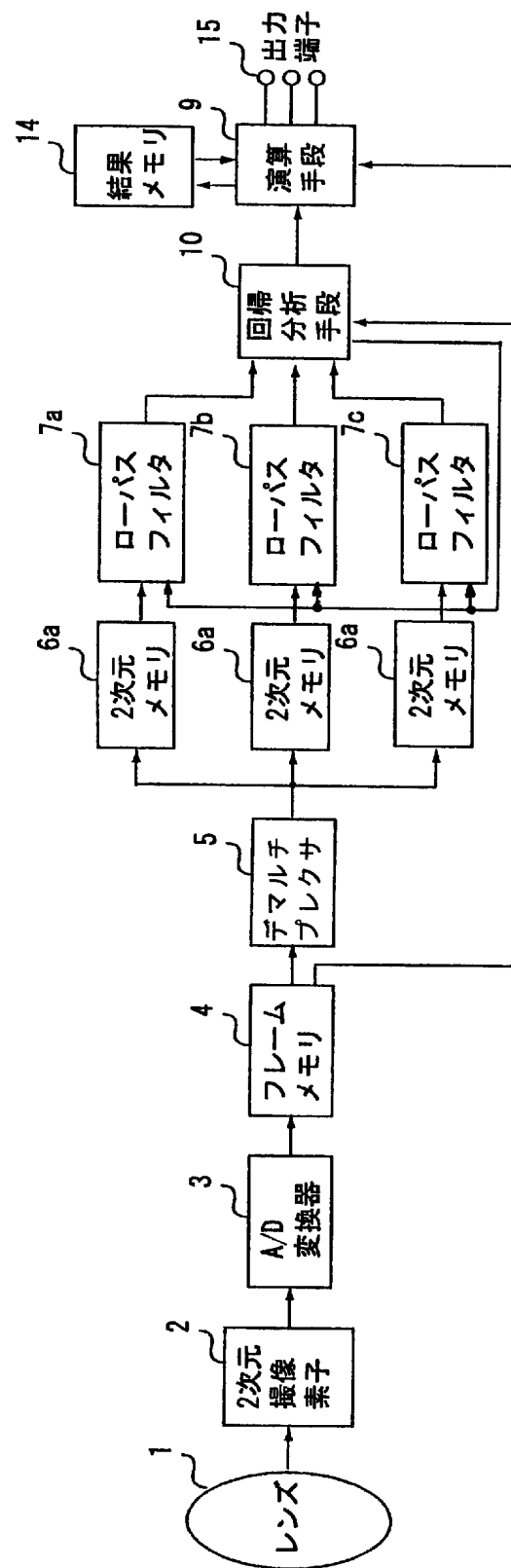
[図10]

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  |   |  |
|  | R <sub>LPF</sub> =23<br>G <sub>LPF</sub> =78 | R <sub>LPF</sub> =17<br>G <sub>LPF</sub> =77 | R <sub>LPF</sub> =43<br>G <sub>LPF</sub> =76  |  |
|  | R <sub>LPF</sub> =16<br>G <sub>LPF</sub> =77 | R <sub>LPF</sub> =9<br>G <sub>LPF</sub> =76  | R <sub>LPF</sub> =67<br>G <sub>LPF</sub> =79  |  |
|  | R <sub>LPF</sub> =49<br>G <sub>LPF</sub> =75 | R <sub>LPF</sub> =77<br>G <sub>LPF</sub> =80 | R <sub>LPF</sub> =104<br>G <sub>LPF</sub> =86 |  |
|  |  |  |   |  |

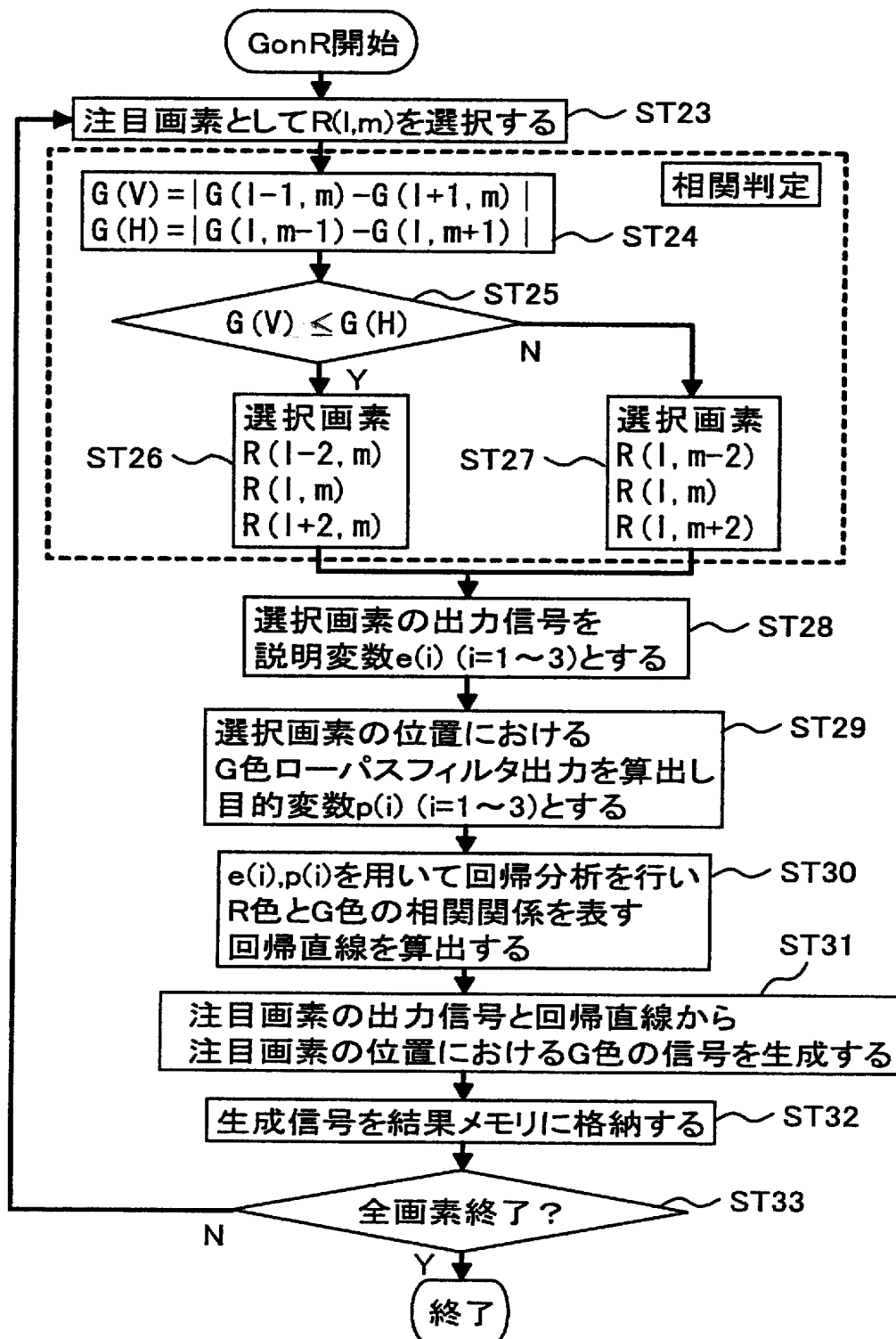
[図11]



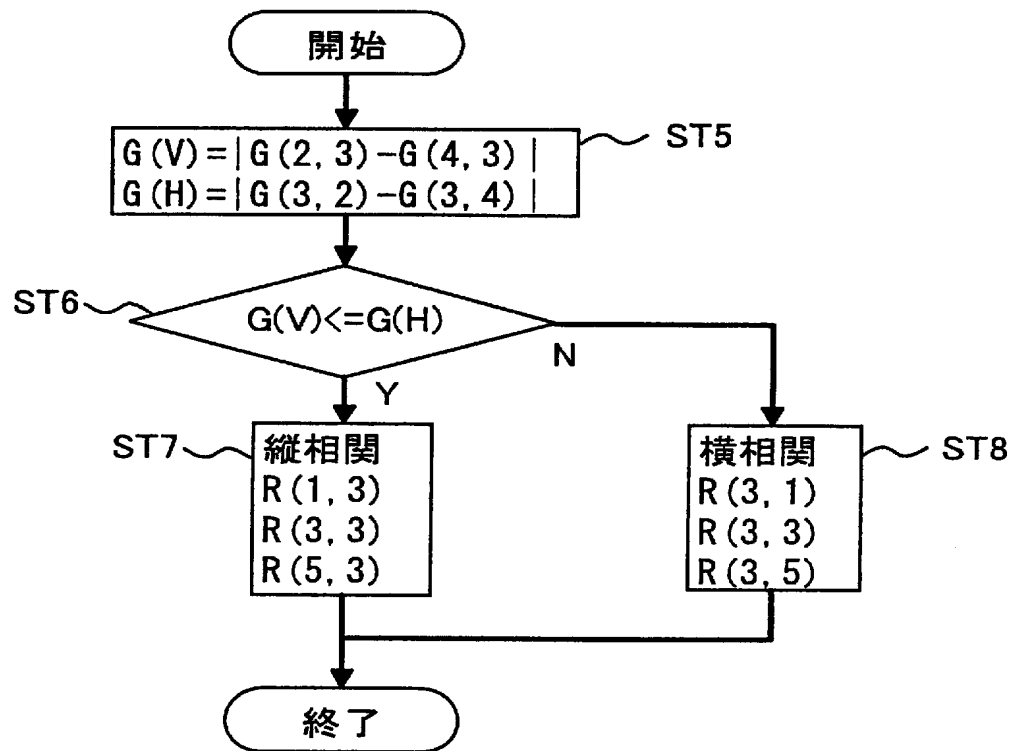
[図12]



[図13]



[図14]

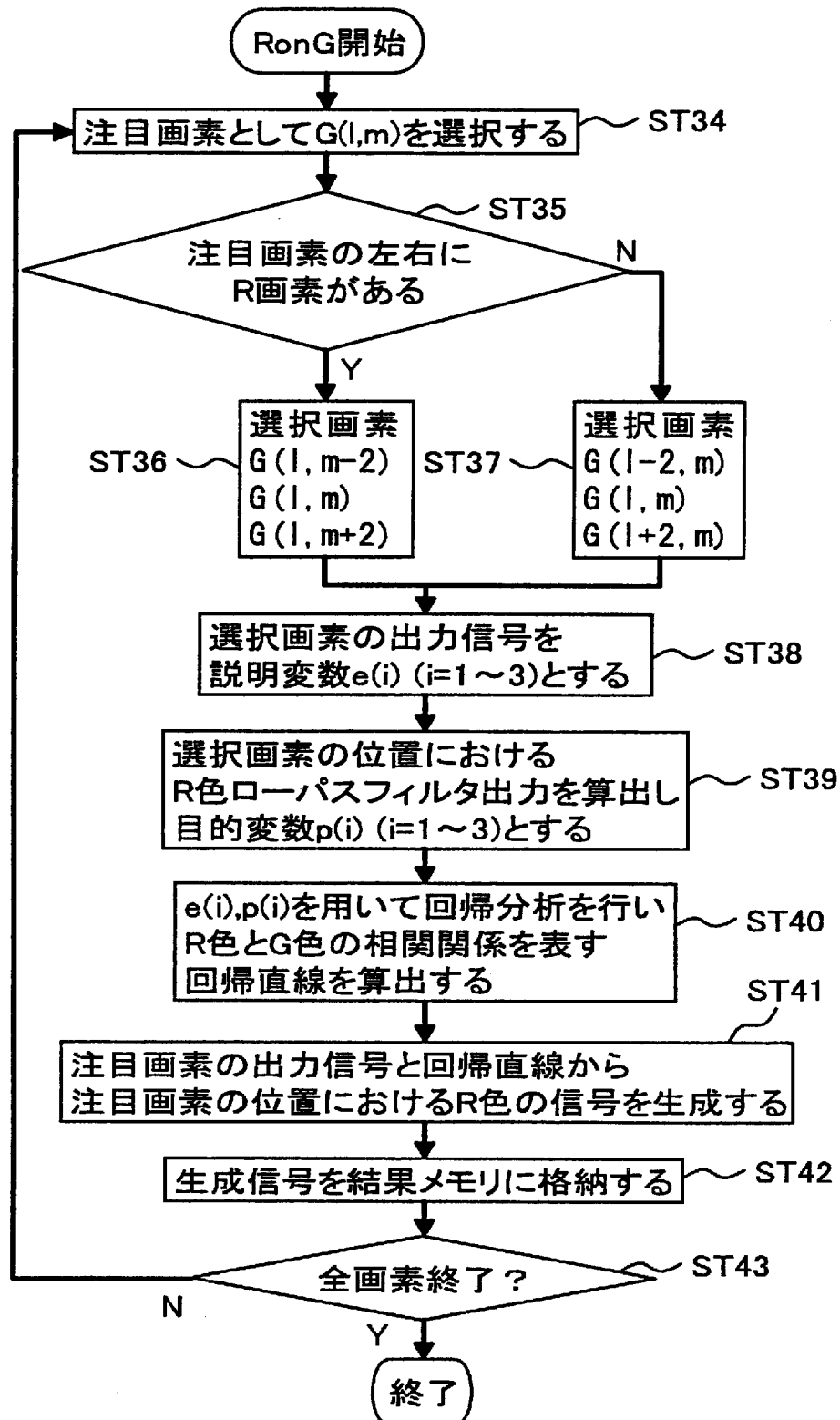


[図15]

|        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        |        |        | G(0,3) |        |        |        |
|        |        |        | R(1,3) |        |        |        |
|        |        |        | G(2,3) |        |        |        |
| G(3,0) | R(3,1) | G(3,2) | R(3,3) | G(3,4) | R(3,5) | G(3,6) |
|        |        |        | G(4,3) |        |        |        |
|        |        |        | R(5,3) |        |        |        |
|        |        |        | G(6,3) |        |        |        |



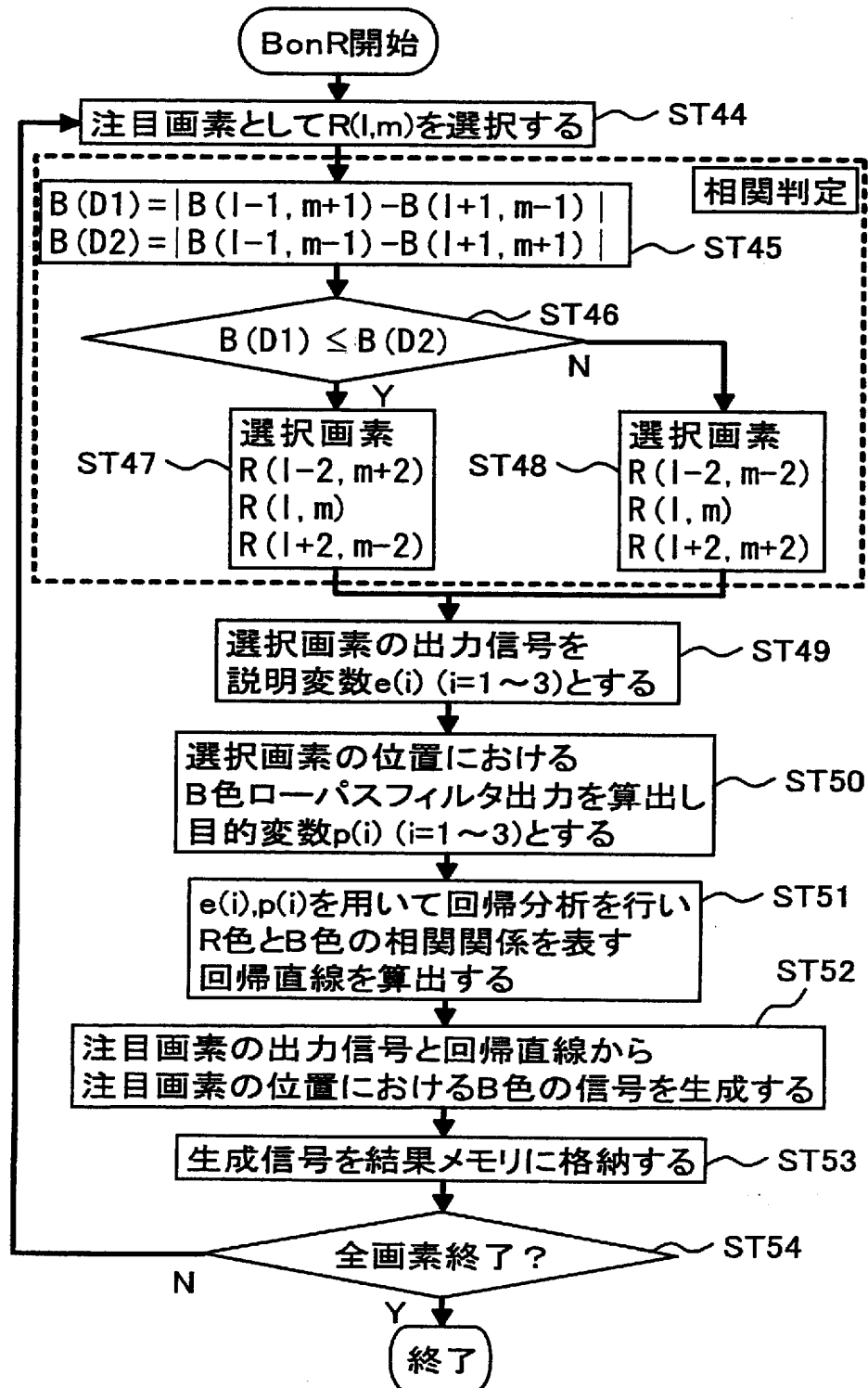
[図16]



[図17]

|        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        |        |        | B(0,3) |        |        |        |
|        |        |        | G(1,3) |        |        |        |
|        |        |        | B(2,3) |        |        |        |
| R(3,0) | G(3,1) | R(3,2) | G(3,3) | R(3,4) | G(3,5) | R(3,6) |
|        |        |        | B(4,3) |        |        |        |
|        |        |        | G(5,3) |        |        |        |
|        |        |        | B(6,3) |        |        |        |

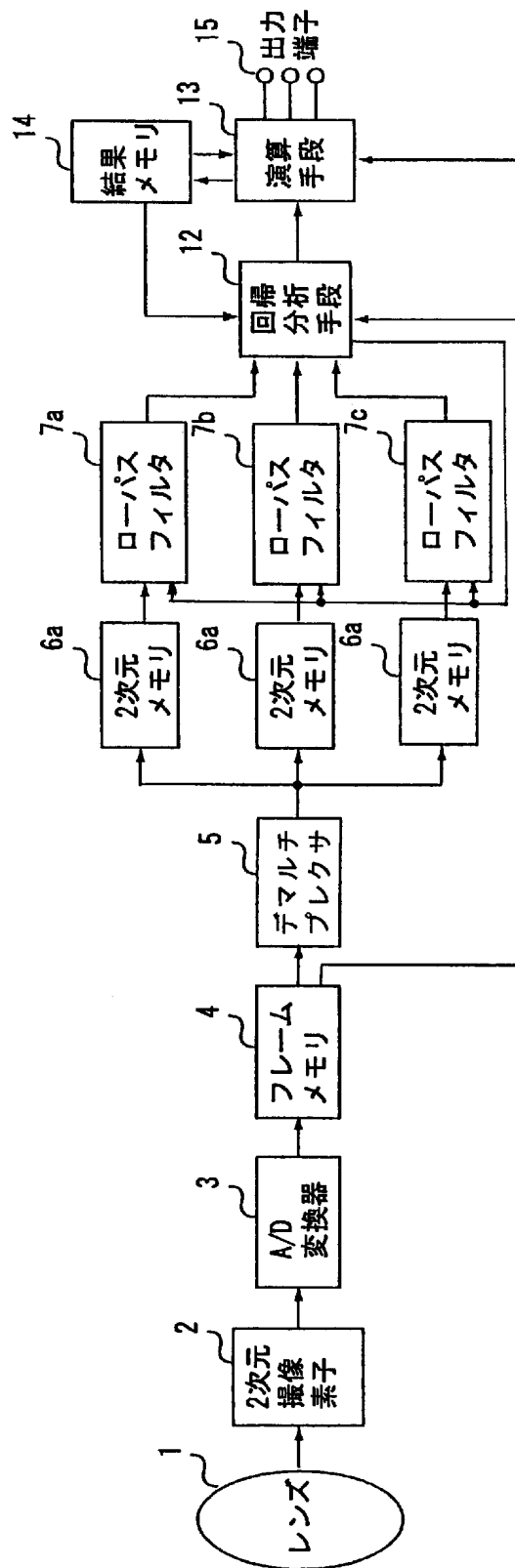
[図18]



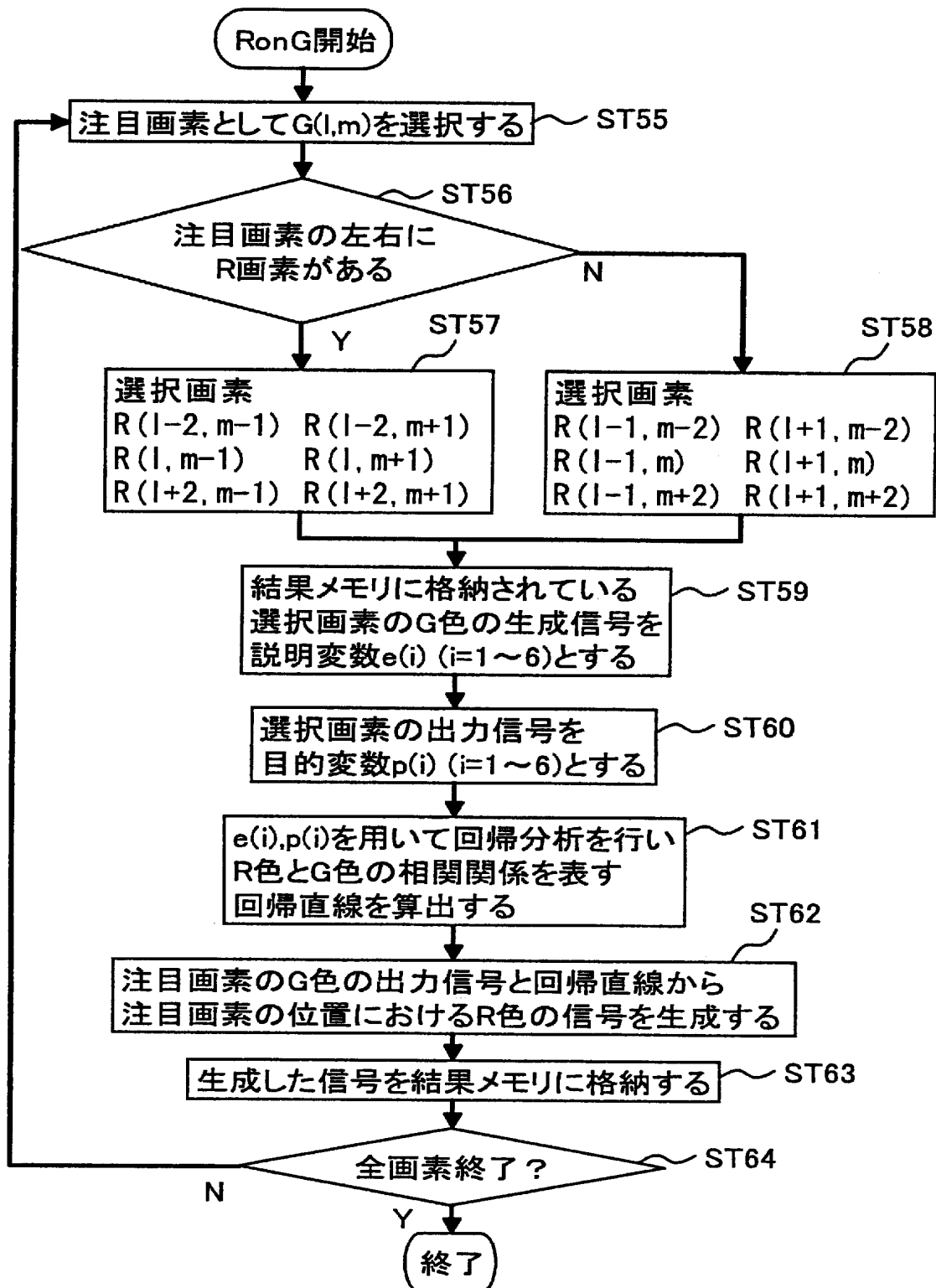
[図19]

|        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| B(0,0) |        |        |        |        |        | B(0,6) |
|        | R(1,1) |        |        |        | R(1,5) |        |
|        |        | B(2,2) |        | B(2,4) |        |        |
|        |        |        | R(3,3) |        |        |        |
|        |        | B(4,2) |        | B(4,4) |        |        |
|        | R(5,1) |        |        |        | R(5,5) |        |
| B(6,0) |        |        |        |        |        | B(6,6) |

[図20]



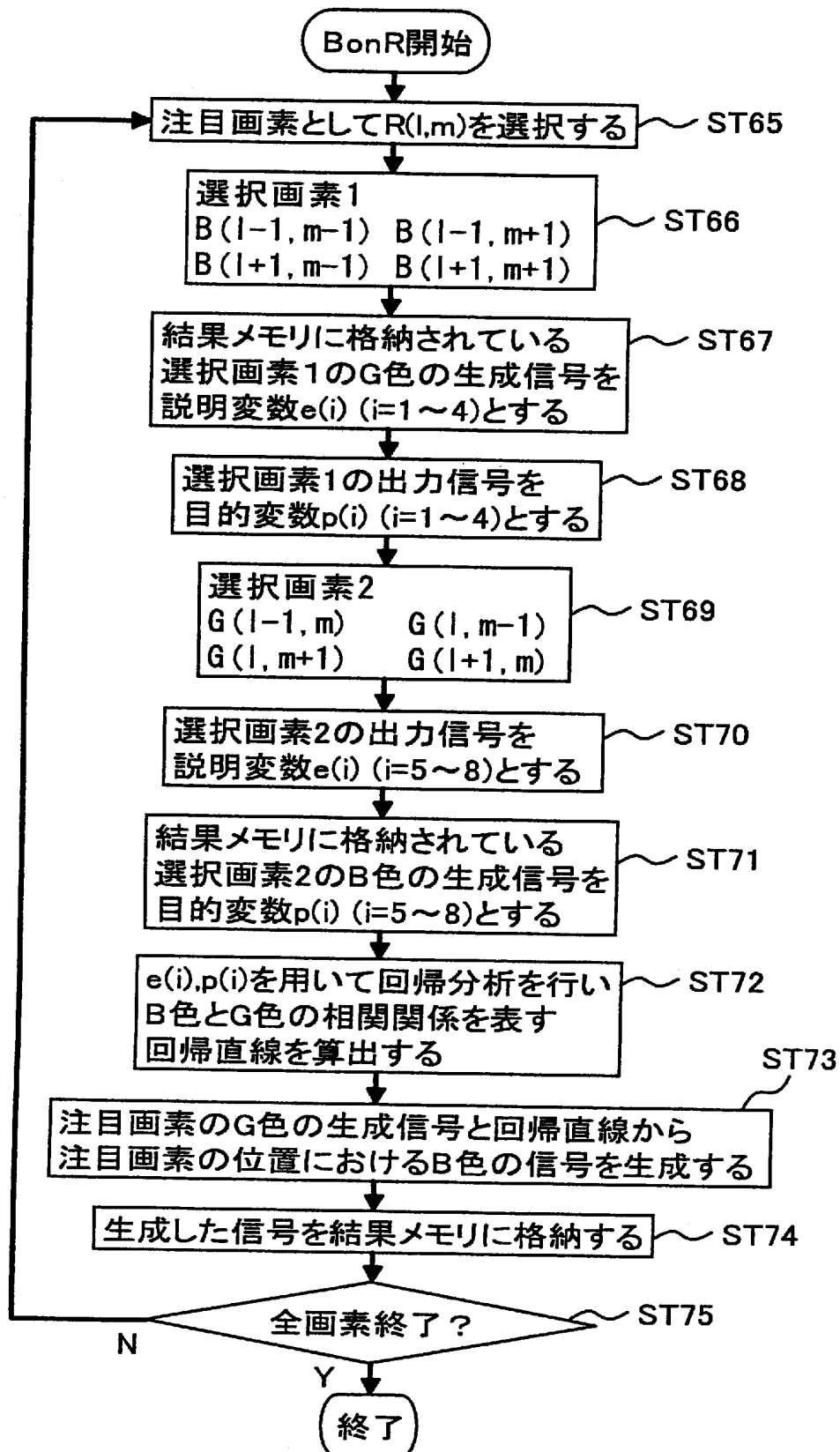
[図21]



[図22]

|  |                  |                  |                  |                  |                  |  |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
|  |                  |                  |                  |                  |                  |  |
|  |                  | R(1,2)<br>g(1,2) |                  | R(1,4)<br>g(1,4) |                  |  |
|  | B(2,1)<br>g(2,1) |                  | B(2,3)<br>g(2,3) |                  | B(2,5)<br>g(2,5) |  |
|  |                  | R(3,2)<br>g(3,2) | G(3,3)           | R(3,4)<br>g(3,4) |                  |  |
|  | B(4,1)<br>g(4,1) |                  | B(4,3)<br>g(4,3) |                  | B(4,5)<br>g(4,5) |  |
|  |                  | R(5,2)<br>g(5,2) |                  | R(5,4)<br>g(5,4) |                  |  |
|  |                  |                  |                  |                  |                  |  |

[図23]





[図24]

|  |  |                  |                  |                  |  |  |
|--|--|------------------|------------------|------------------|--|--|
|  |  |                  |                  |                  |  |  |
|  |  |                  |                  |                  |  |  |
|  |  | B(2,2)<br>g(2,2) | G(2,3)<br>b(2,3) | B(2,4)<br>g(2,4) |  |  |
|  |  | G(3,2)<br>b(3,2) | R(3,3)<br>g(3,3) | G(3,4)<br>b(3,4) |  |  |
|  |  | B(4,2)<br>g(4,2) | G(4,3)<br>b(4,3) | B(4,4)<br>g(4,4) |  |  |
|  |  |                  |                  |                  |  |  |
|  |  |                  |                  |                  |  |  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/018456

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04N9/07

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04N9/04-9/11

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2005 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2005 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2005 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.              |
|------------|--|------------------------------------|
| X          | JP 2000-224601 A (Olympus Optical Co., Ltd.),<br>11 August, 2000 (11.08.00),<br>Full text; all drawings<br>& US 6721003 B1 | 1-20                               |
| P,X<br>P,A | JP 2004-153823 A (Agilent Technologies Inc.),<br>27 May, 2004 (27.05.04),<br>Full text; all drawings<br>& EP 1416739 A1    | 1,13,15,17<br>2-12,14,16,<br>18-20 |
| A          | JP 10-13845 A (Olympus Optical Co., Ltd.),<br>16 January, 1998 (16.01.98),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)    | 1-20                               |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
08 March, 2005 (08.03.05)

Date of mailing of the international search report  
05 April, 2005 (05.04.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

|  |   |   |          |
|--|---|---|----------|
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  |   |   |          |
| Int. Cl <sup>7</sup> H04N 9/07   |   |   |          |
| B. 調査を行った分野  |   |   |          |
| 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))   |   |   |          |
| Int. Cl <sup>7</sup> H04N 9/04-9/11  |   |   |          |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの   |   |   |          |
| 日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2005年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2005年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2005年   |   |   |          |
| 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  |   |   |          |
| C. 関連すると認められる文献  |   |   |          |
| 引用文献の<br>カテゴリー*  | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号                        |          |
| X  | J P 2000-224601 A (オリンパス光学工業株式会社)<br>2000. 08. 11, 全文, 全図<br>& U S 6721003 B1     | 1-20                                    |          |
| P, X<br>P, A   | J P 2004-153823 A (アジレント・テクノロジーズ・インク)<br>2004. 05. 27, 全文, 全図<br>& E P 1416739 A1 | 1, 13, 15, 17<br>2-12, 14, 16,<br>18-20 |          |
| A  | J P 10-13845 A (オリンパス光学工業株式会社)<br>1998. 01. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)                  | 1-20                                    |          |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。   |   |   |          |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)<br>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献<br>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」 同一パテントファミリー文献 |   |   |          |
| 国際調査を完了した日<br>08. 03. 2005   |   | 国際調査報告の発送日<br>05. 4. 2005               |          |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/J P)<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号  |   | 特許庁審査官 (権限のある職員)<br>井上 健一               | 5 P 9373 |
|  |   | 電話番号 03-3581-1101 内線 3502               |          |